دورة
المراجل البخارية

شعبة المراجل البخارية

قسم طاقة/1

هيئة خدمات الطاقة

شركة مصافي الوسط (مصفى الدورة)



أعداد ورسومات

المهندس الاقدم

قصي عبد الإله محمد سعيد

2010

qusai_mrco@yahoo.com

الاخوة المهندسين العرب

اضع هذه الكراسة بين ايديكم عسى ان تستفيدوا منها انشاء الله ونسئلكم الدعاء لوالدي ولنا وعند قرائتكم لهل ارجو ان لاتبخلوا بالملاحظات او التعليق البناء او ارسال اي معلومة في مجال المراجل البخارية وشكرا .

المهندس
قصي عبد الاله محمد سعيد
qusai_mrco@yahoo.com

بخار الماء:

هناك حاجة إلى بخار الماء في الكثير من المنشات الصناعية وبالإمكان تصنيف استخدامه في مجالين أساسيين :

1- لأغراض التسخين :ويستعمل بخار الماء أما بصورة مباشرة أو في المبادلات الحرارية في تسخين المواد في صناعات متعددة .

2-في توليد القدرة الكهربائية .
ويستخدم في تشغيل المحركات البخارية التي تعمل على تدوير المولدات ,المضخات والكابسات .

الاستخدامات الأخرى لبخار الماء

1- تذرية الوقود السائل لأغراض الاحتراق .
2- التدفئة المركزية .
3- طرد او نزع المواد المتطايرة او الغير مرغوب بها .
4-عامل مساعد لبعض العمليات الكمياوية .
5- كوسط مناسب لعمليات التنظيف والقشط للأوعية من الداخل .
6- إطفاء الحرائق .

تصنيف بخار الماء حسب ضغطه إلى :-

1. بخار ذو ضغط عالي يتراوح بين 60-90 بار .
2. بخار ذو ضغط مرتفع يتراوح بين25-35 بار.
3. بخار ذو ضغط متوسط يتراوح بين 10-15 بار .
4. بخار ذو ضغط واطئ يتراوح بين 1,5-3 بار.

توليد بخار الماء :-

هناك ثلاث مراحل لتحويل الماء الخالي من الأملاح إلى بخار ماء محمص .

1. رفع درجة حرارة الماء إلى درجة حرارة التبخير والتي تختلف حسب الضغط وتعرف هذه الحرارة بحرارة التسخين .
2. تحويل الماء إلى بخار عند درجة حرارة و ضغط ثابتين وتدعى الحرارة اللازمة للتبخير وتقدر 540 (ك سعرة /كغم) ماء عند الضغط الاعتيادي .
3. تحويل البخار المشبع الى بخار محمص

درجة الغليان (Boiling temp.) :هوعملية تبخير سريع تحدث في جميع اجزاء السائل في درجة حرارة معينة مصحوبة بفقاعات كبيرةمملوءة ببخار السائل ويطلق على درجة الحرارة التي يحصل عندها الغليان تحت الضغط

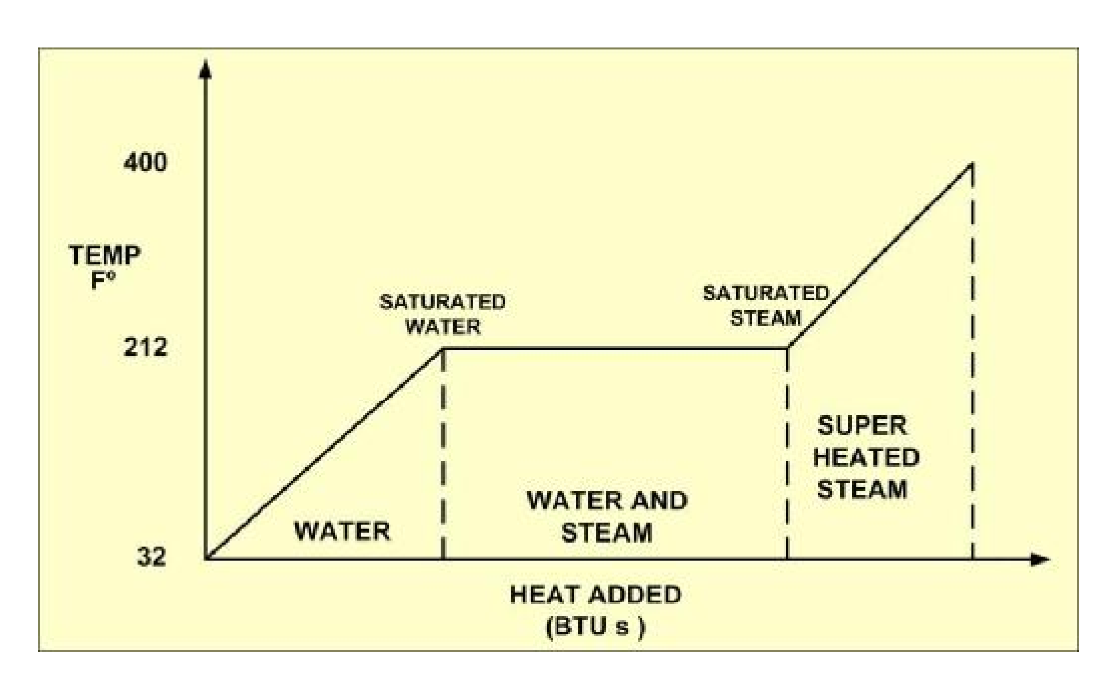
الجوي الاعتيادي بنقطة الغليان الطبيعية لذالك السائل (عندما يتساوى ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي).
درجة غليان الماء = 100 م

العوامل المؤثرة في درجة الغليان

1- مقدار الضغط المسلط على سطح السائل.
2- ذوبان المواد المختلفة في السوائل.
وجود الاملاح في الماء يزيد من درجة الغليان بسبب ان ايونات الاملاح تعرقل هروب جزيئات البخار.

الحرارة الكامنة للتبخر(Latent heat of vaporization) :
كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من ذلك السائل الى بخار عند تلك الدرجة.

البخار الرطب (Wet steam):وهو البخار الذي يحتوي على رذاذ من الماء (رطوبة).
البخار المشبع (SATURATED STEAM) :تحويل كافة الماء الى بخار عند ثبوت درجة الحرارة.
البخار المحمص (SUPER HEATED STEAM) :وهو البخار الذي درجة حرارته اكبر من درجة حرارة الاشباع.



مخطط مراحل تحول الماء الى بخار

المرجل البخاري:

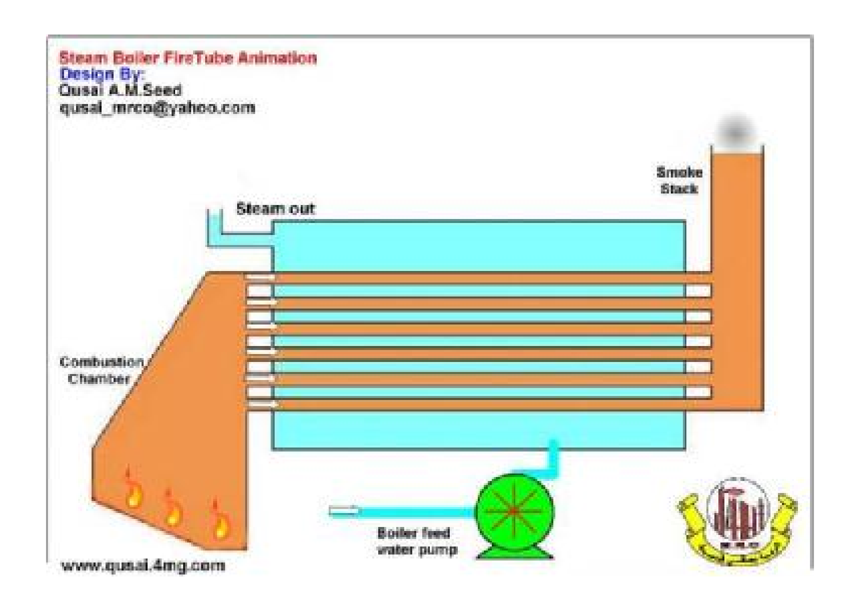
عبارة عن وعاء مغلق يحتوي عادة على غرفة احتراق يشتعل فيها الوقود وتستخدم الحرارة الناتجة عند الاحتراق لتحويل الماء الى بخار الماء داخل المرجل تحت الضغط ودرجة الحرارة حسب الحاجة وتصنف المراجل البخارية .

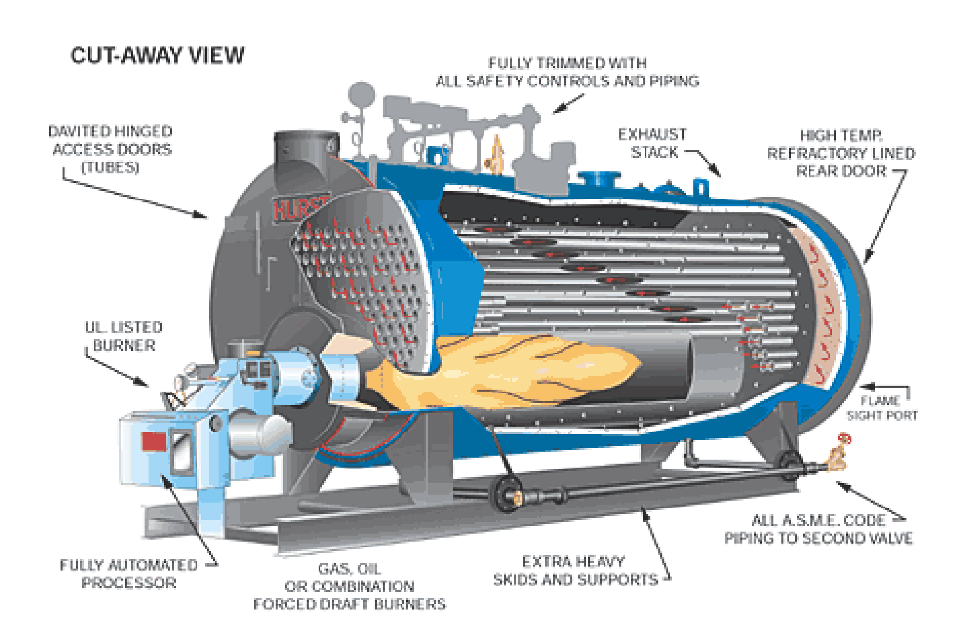
معلومات عامة

تستخدم المراجل البخارية لانتاج البخار المحمص في المصافي حيث تصمم للاشتغل على احد نوعي الوقود السائل او الغازي او باستخدامهما سوية يحص الاحتراق داخل حيز الفرن تحت ضغط موجب وتسري غازات الاحتراق على الطول الكلي لفرن المرجل قبل دخولها الى الى حزمة الانتقال الحراري بالحمل حيث توضع المحمصات ومن ثم تخرج غازات الاحتراق من خلال المدخنة ويبرد الفرن كليا بالماء وبذلك تتحقق نسبة عالية من تبريد الفرن مقارنة بحجم الفرن وينتج عن هذه النسبة من تبريد جدران الفرن امتصاص سريع وكفوء للحرارة وتخفيض درجة حرارة الغاز العادم الداخل الىحزمة انتقال الحرارة بالحمل.
تتكون جدران الفرن ، الارضية والسقف من الانابيب الملحومة المزعنفة مدعومة بغلاف عازل بما فيه الكفاية لضمان الحصول على جدار مغلف بارد.

تصنيف المراجل حسب جريان ماء التغذية وغازات الاحتراق الساخنة الى :

1. **مرجل أنابيب النار**: يتكون المرجل من وعاء أسطواني الشكل ويوجد على نهايته لوح مجمع الأنابيب الذي يثبت أو يمسك أنابيب النار وفي هذه الحالة يكون الماء بداخل الوعاء الأسطواني وملامس لأنابيب النار من الخارج .في حين تصمم غرفة الاحتراق المتصلة بالمرجل حيث تمر نواتج الاحتراق الساخنة داخل أنابيب النار.وعند ذلك يتم التبادل الحراري ويتبخر الماء في الوعاء.



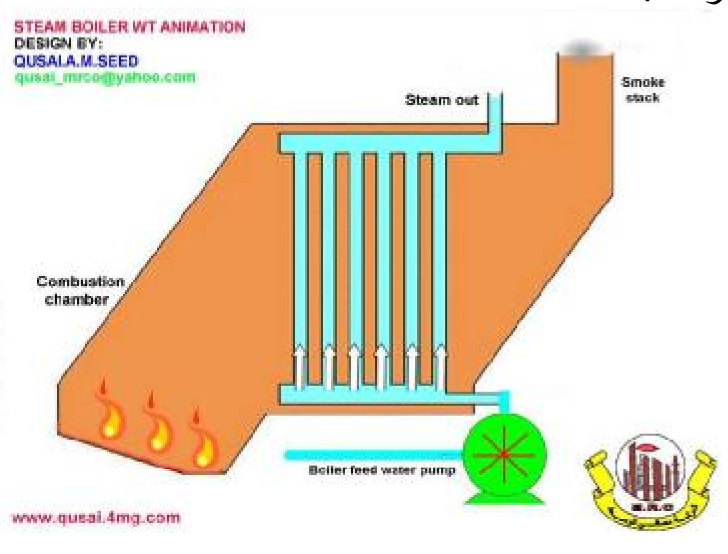


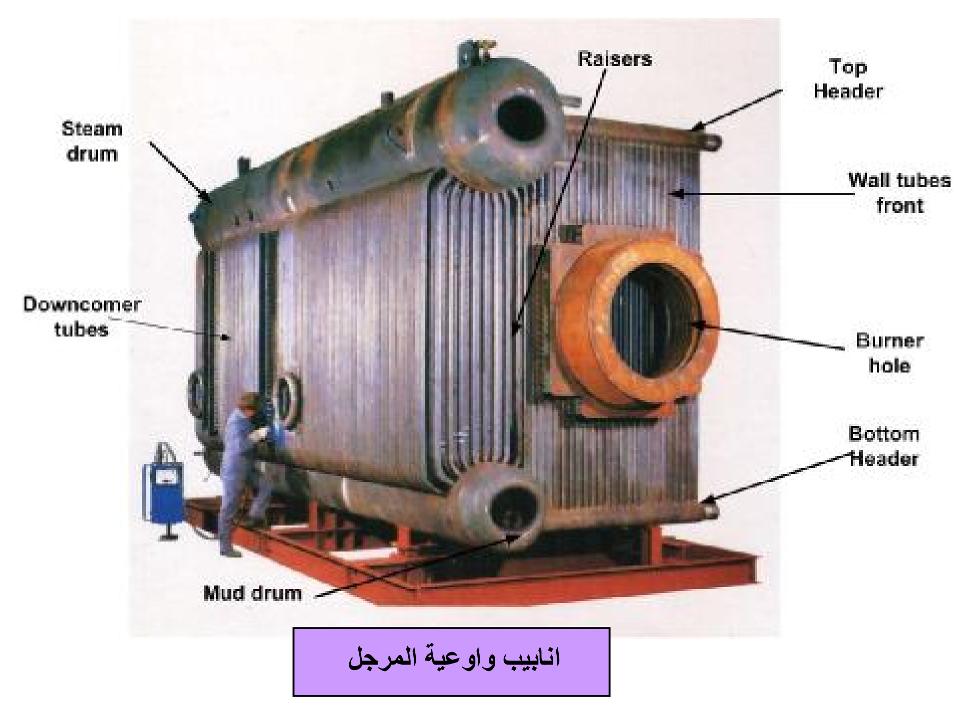
2. **مرجل أنابيب الماء:** تتكون المراجل من نوع أنابيب الماء من وعاء(Drum) أو اكثر (غالباً من اثنين الى أربعة) . وأنابيب تتكون من صف (Bank) واحد أو اكثر ترتبط بنهايتي الوعاء الواحد أو ترتبط بين الأوعية إذا كان المرجل يحوي على اكثر من وعاء , ويجري الماء داخل الأنابيب بينما تلامس غازات الاحتراق الساخنة سطح الأنابيب الخارجي .ويستخدم هذا النوع من المراجل البخارية غالباً في إنتاج طاقات كبيرة من بخار الماء .

ان المراجل المستعملة في المصافي تصمم للاشتغال على أحد نوعي الوقود المتوفر في المصفى النفط او الغاز او باستعمالهما سوية يحصل الاحتراق داخل حيز الفرن وتسري متولدات الاحتراق على الطول الكلي لفرن المرجل قبل دخولها الى حزمة الانتقال الحراري بالحمل حيث توضع المحمصات ومن ثم تخرج غازات الاحتراق من خلال المدخنة ويبرد المرجل كليا بواسطة الماء وبذلك تتحقق نسبة عالية من تبريد الفرن .

تتكون جدران الفرن ، الأرضية والسقف من الأنابيب الملحومة المزعنفة مدعومة بغلاف عازل بما فيه الكفاية لضمان الحصول على جدار مغلف بارد .

في مراجل أنابيب الماء تكون الأوعية والأنابيب اصغر نسبيا وبسبب حجم الوعاء الصغير بالإمكان إنتاج بخار الماء تحت ضغوط عالية ودرجات حرارة مرتفعة.





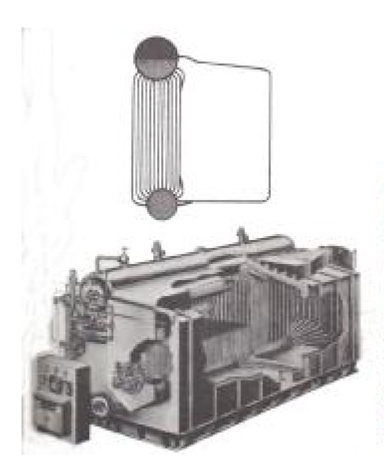
انابيب واوعية المرجل

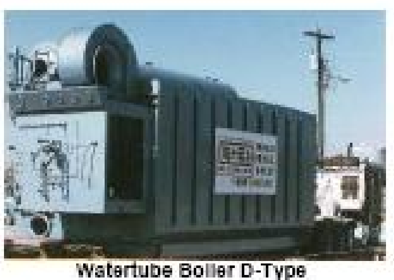
مميزات مراجل انابيب الماء

1- ملائمة لجميع الضغوط إلى اكثر من 180 بار .
2- يلزم اقل وزن من المعدن للحصول على كمية من بخار الماء .
3- مرونة أكثر لتلبية التغيير في الطلب على البخار .
4- تشغل حيز اصغر .
5- اقل ميلان للانفجار.

تصنيف المراجل حسب تصميم وعاء البخار والماء وموقعها من المرجل البخاري وكما يلي :

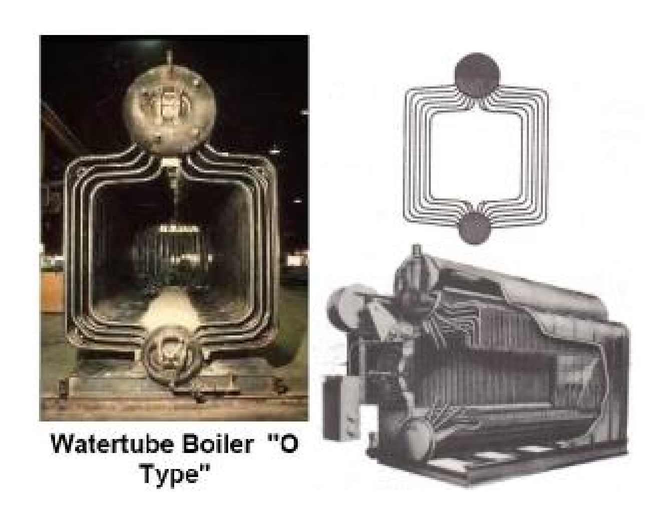
1- مرجل نوع D
يتكون هذا النوع من المراجل من وعائين ويكون موقعه مباشراعلى وعاء الماء وتربط بينهما انابيب تكوين البخار الصاعدة والانابيب النازلة وتكون المشاعل الى الجانب من الفرن وياخذ شكل الاوعية والانابيب النازلة والصاعدة شكل الحرف (D) .





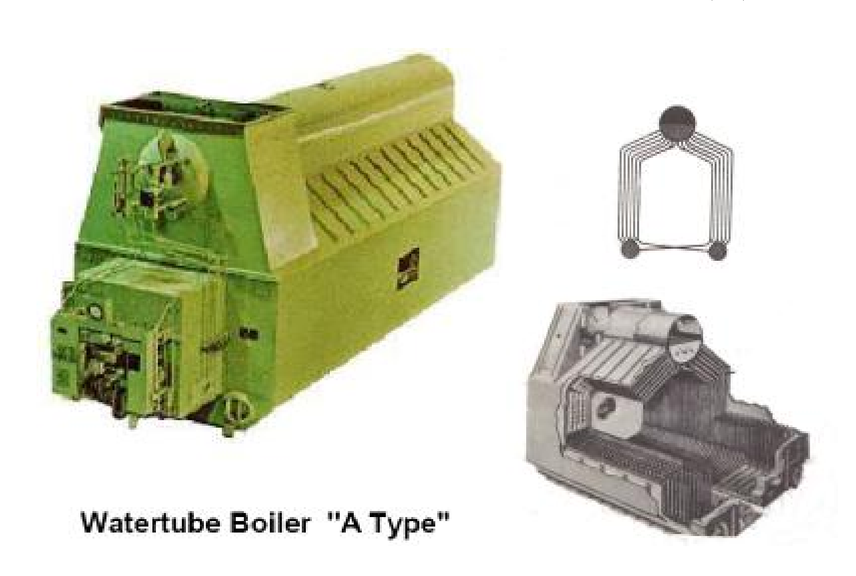
Watertube Boiler D-Type

1- مرجل نوع O
يتكون هذا النوع من المراجل من وعائين ويكونان على خط عمودي وتربط بينهما الانابيب تكوين البخار الصاعدة وانابيب الماء النازلة وتتخذ شكل الحرف (O).


Watertube Boiler "O Type"

2- مرجل نوع A

يتكون هذا النوع من المراجل من وعاء بخار كبير ووعائين للماء صغيرين نسبيا وتربط بينهما انابيب تكوين البخار الصاعدة وانابيب الماء النازلة لتشكل شكل الحرف (A).


Watertube Boiler "A Type"

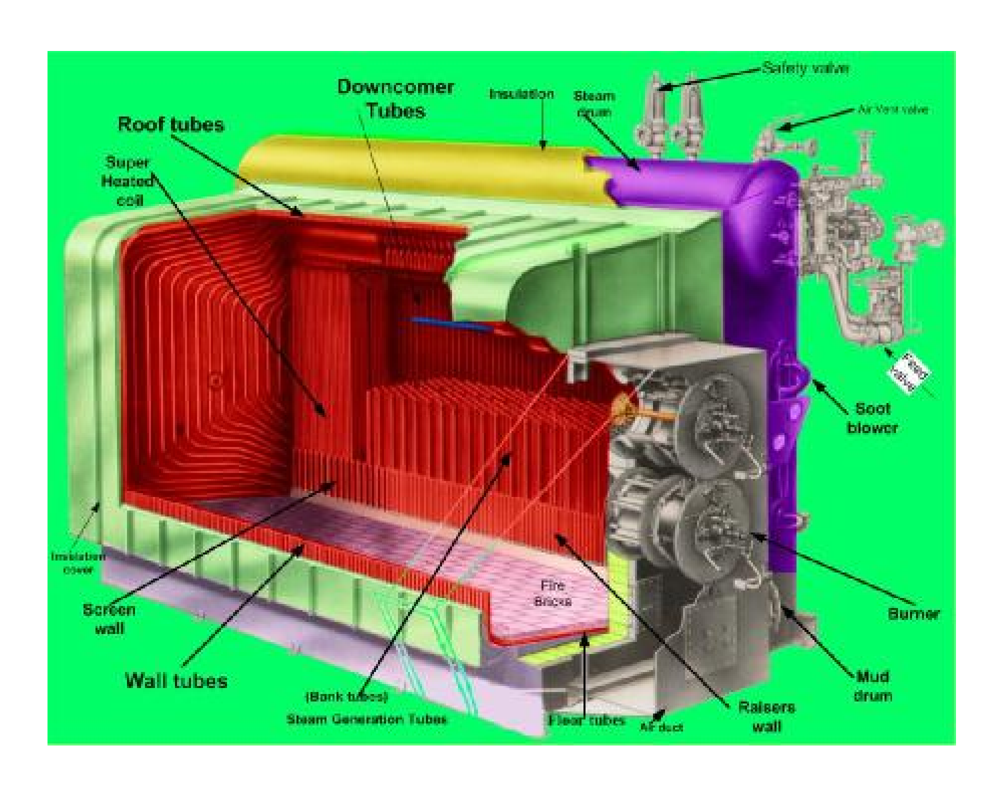
تصنيف المراجل حسب تدوير الماء (CIRCULATION WATER)

1- تدوير طبيعي (Natural circulation)

2- تدوير قصري(Forced circulation)

أجزاء المرجل البخاري:

1- الفرن.
2- المشاعل
3- وعاء الماء.
4- المحمصة.
5- وعاء البخار.
6- نافخات الرماد والسخام .
7- صمامات الأمان.
8- أجهزة السيطرة.



1- الفرن

وهو الحيز الذي يحوي غرفة الاحتراق التي تكمل عملية احتراق الوقود فيها وتتكون من الانابيب الصاعدة والارضية والسقف وتشكل الجدار المكون للفرن .



2- المشاعل

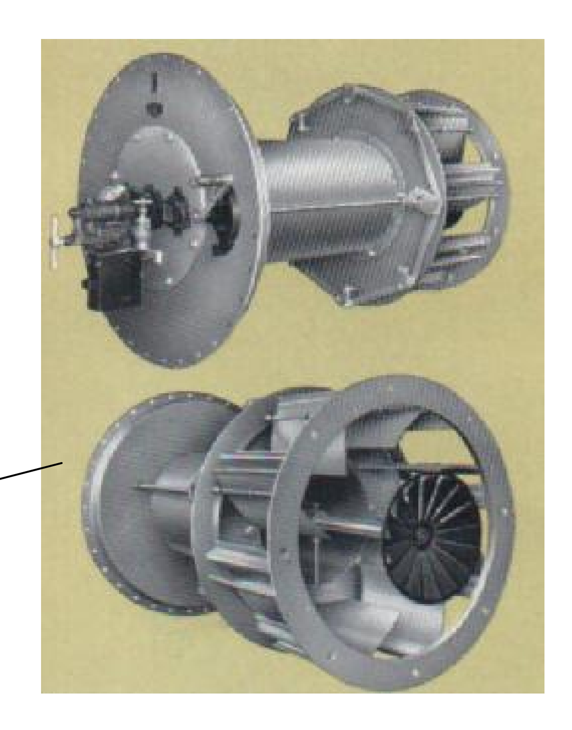
هو عبارة عن المعدة التي يتم احراق الوقود من خلالها.
وتتكون من انبوبان متداخلان يجري الوقود باحدهما و يجري الوقود بالاخر.

التذرية

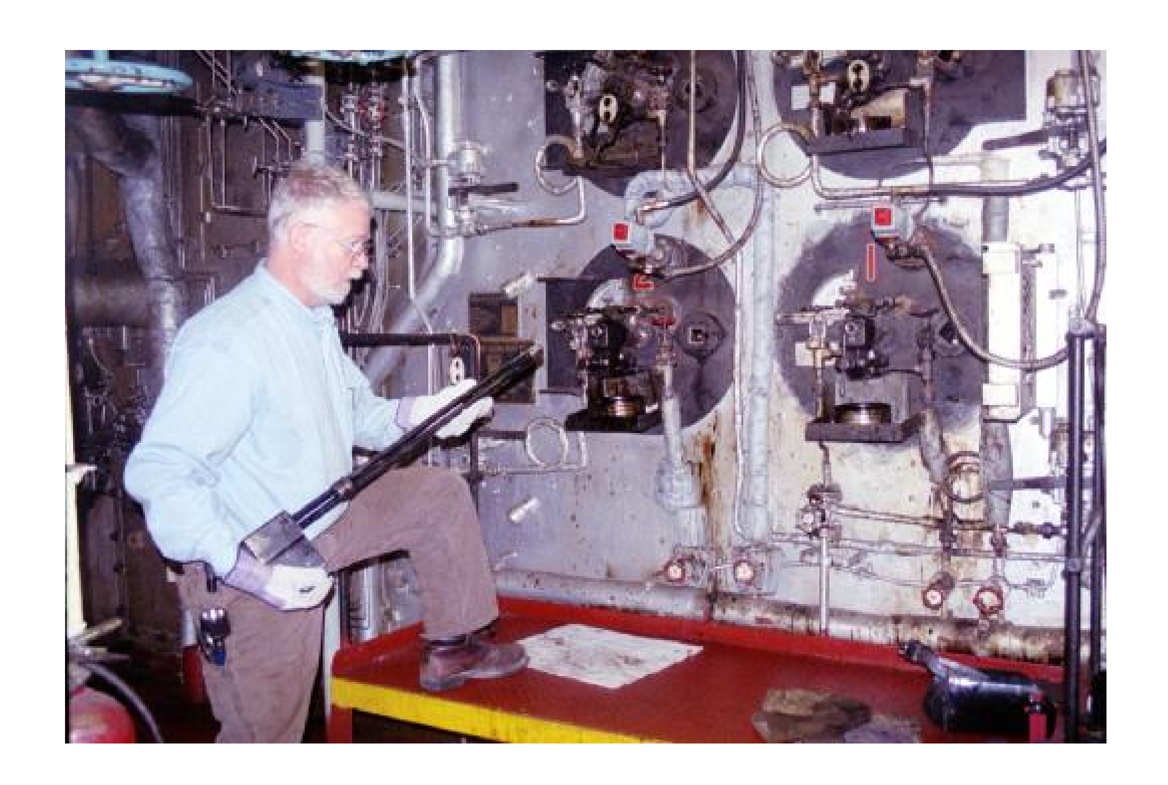
تتم التذرية على أساس مبدأ المقص عند تقاطع تيار سريع جدا من البخار الماء مع مجرى الوقود المتحرك ببطء ويحصل التقاطع وعندئذ التذرية أي ان تيار الوقود وبخار الماء يتقاطعان داخل المحرق حيث يتكسر الوقود الى رذاذ ويمتزج مع مائع التذرية قبل الانتشار داخل حجرة الاحتراق ان هذا النوع من التذرية واسع الانتشار ويمتاز بكفاءة عالية عند طاقات الاحتراق العالية

التذرية بواسطة بخار الماء

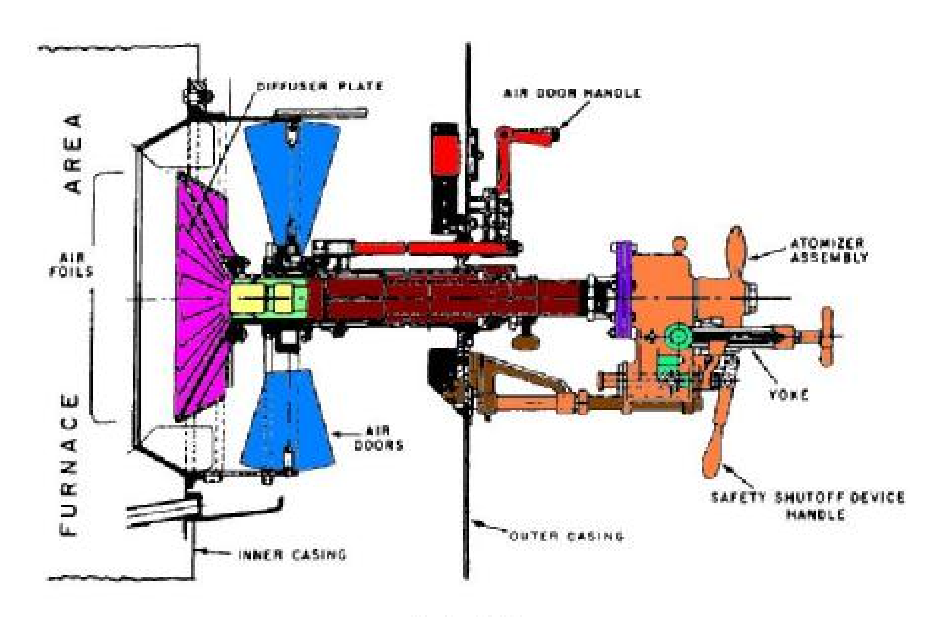
يزود بخار الماء تحت ضغط حيث يقوم بعملية التذرية ويعمل بنفس الوقت كمصدر للحرارة اللازمة الى خفض لزوجة الوقود الثقيل ويتطلب ان يكون بخار الماء جاف ويسيطر جيدا على كميته بخار الماء والذي يعمل على خفض درجة حرارة اللهب



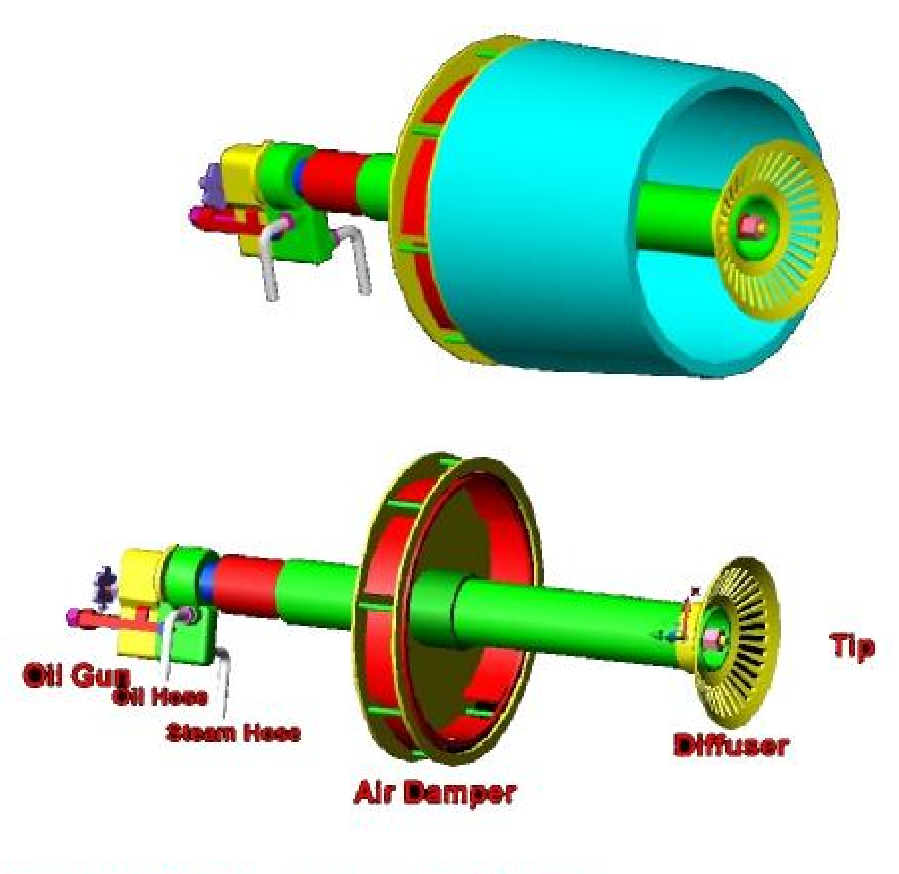
مشاعل



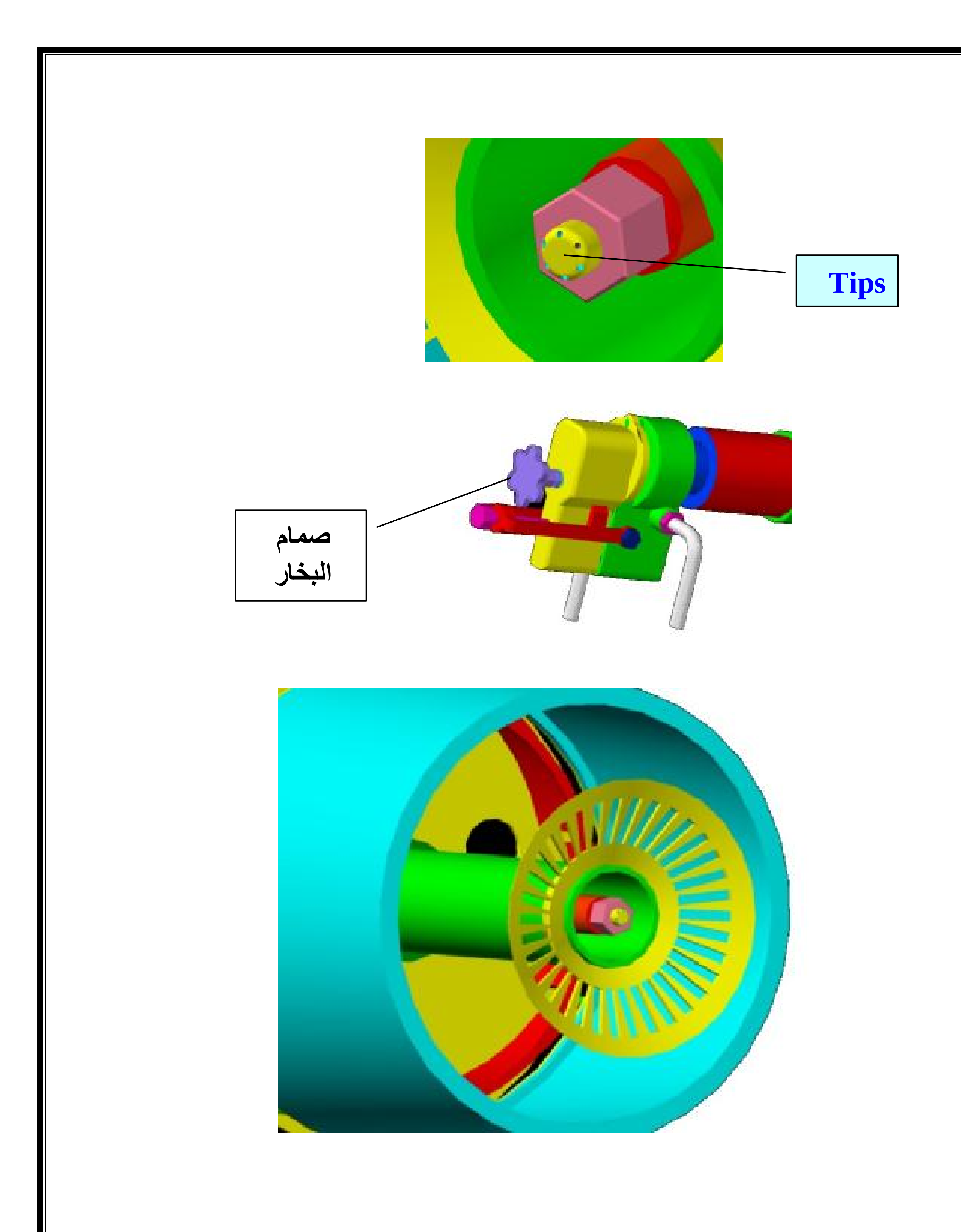
تبديل وادامة المشاعل



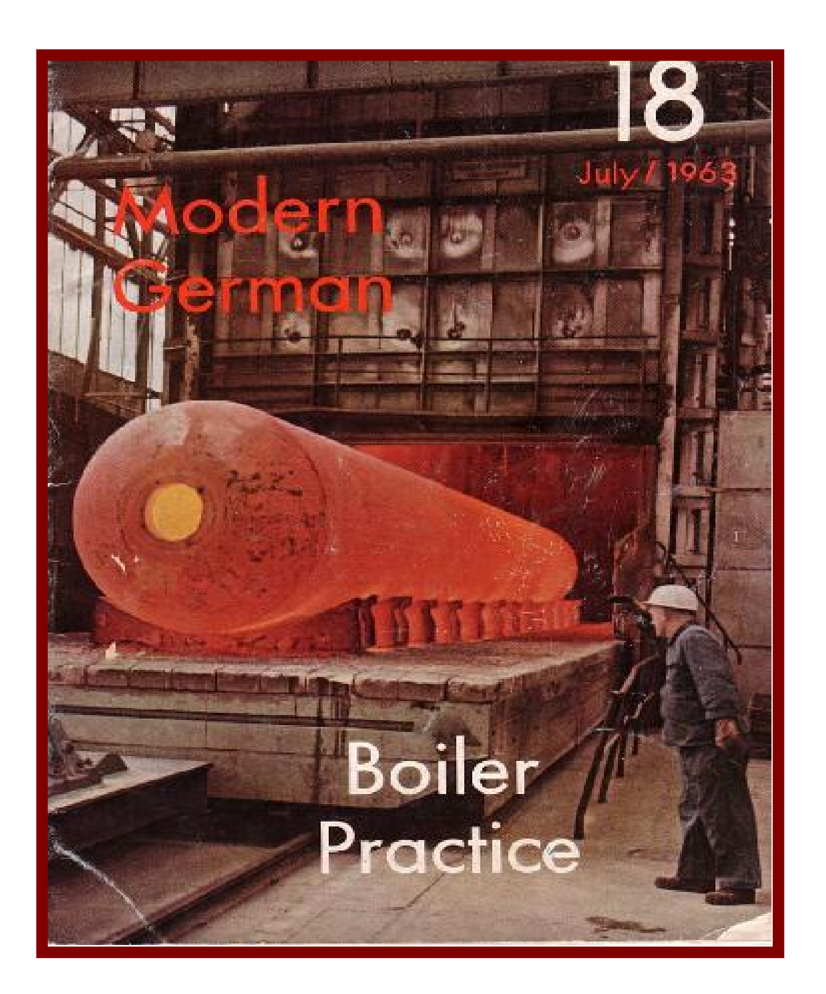
Fuel-oil burner



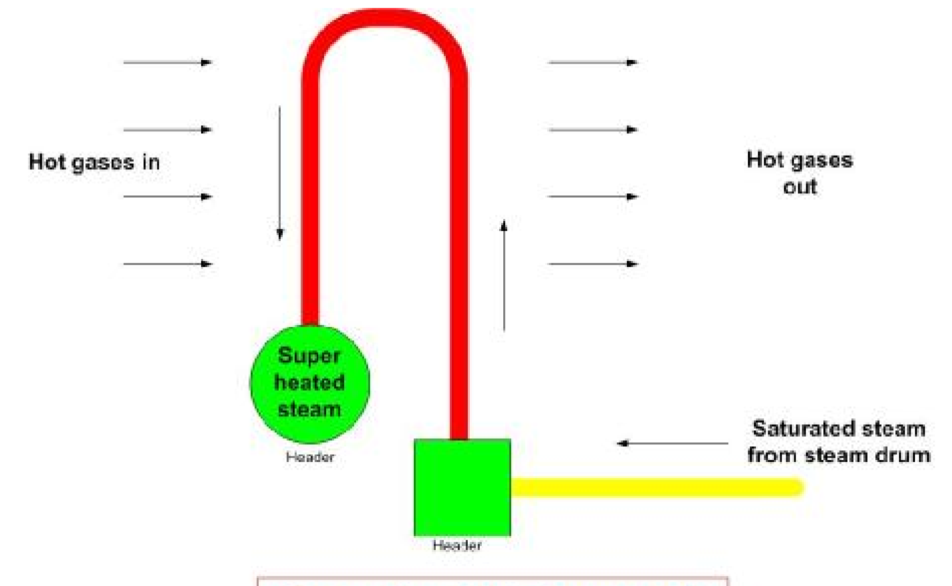
Drawing by:Qusai A.M.Saed qusai_mrce@yahoo.com


Tips
صمام
البخار

3- وعاء الماء.
وهو الوعاء الي يربط الانابيب النازلة والصاعدة والجدران ويكون اسفل المرجل واصغر من وعاء البخار.



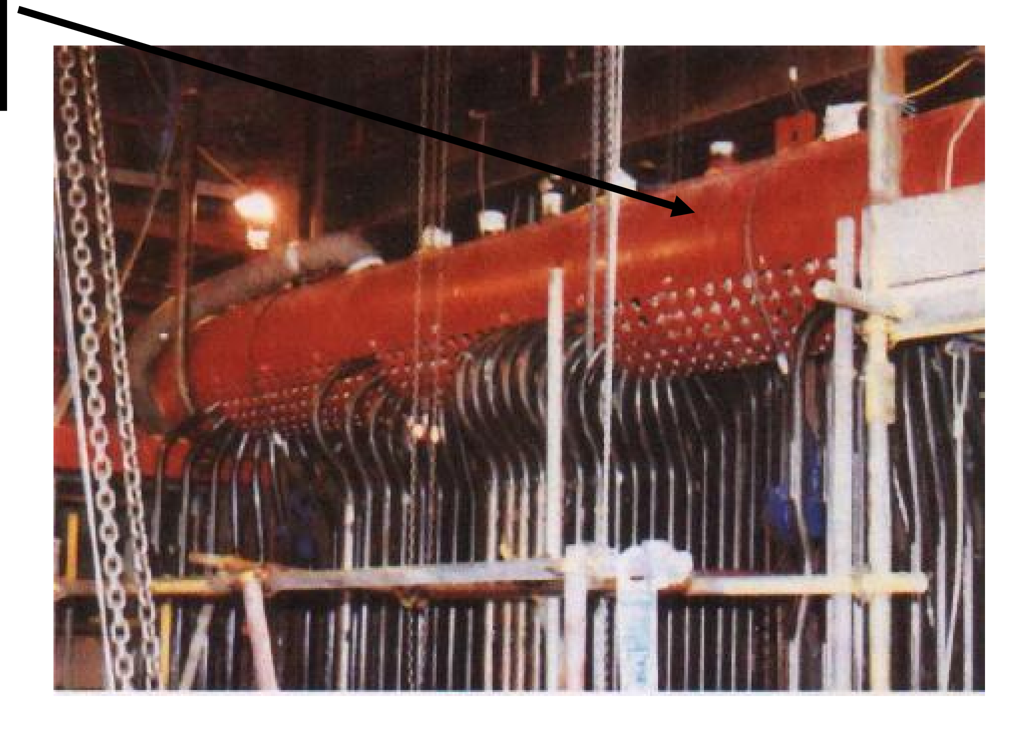
4- المحمصة.
وهي عبار عن مجموعة من الانابيب يتم تحويل البخار المشبع الى محمص وتتكون المحمصة من مجموعتي حزم انابيب عمودية موضوعة في مسار غازات الاحتراق قبل طرحها الى المدخنة ويكون موقعها في نهاية الفرن وفي الحيز الذي يتغير به اتجاه المسار قبل الدخول الى حزم الانابيب مما يمكن من انتقال الحرارة من غازات الاحتراق بواسطة الاشعاع والحمل بطريقةتضمن استقرار درجة حرارة البخار المحمص مع تغيرات الواسعة في مدى الحمل البخاري.



5- وعاء البخار.

وهو الوعاء العلوي للمرجل ويتم فيه فصل البخاء المتكون عن الماء ويغادر البخار الوعاء عن طريق انابيب ويجري الى المحمصة.

وعاء البخار



الاجزاء الداخلية لوعاء البخار

1. انبوب الماء المغذي.

ويكون انبوب مثقب لضمان توزيع الماء بشكل متساوي على طول الوعاء

2. انبوب البزل المستمر.

وظيفة هذا الانبوب نقل جزء من ماء وعاء البخار لتقليل الاملاح الى منظومة البزل

3. انبوب المواد الكيميائية.

وظيفة هذا الانبوب هو ادخال المواد الكمياوية الى وعاء البخار

4. فاصلات البخارCyclones.

تقوم هذه الفاصلات على فصل قطرات الماء عن البخار الرطب و ارجاعه الى وعاء البخار مرة اخرى حيث يتغير مسار البخار 90 درجة ويدور وبعملية الطرد المركزي يتم الفصل.

5. قشطات البخار Scrubbers.

تكمل القاشطات عمل Cyclones حيث تفصل ماتبقى من قطرات الماء بسبب اختلاف الطاقة الحركية بينهما ويعاد الماء ايضا الى وعاء البخار.

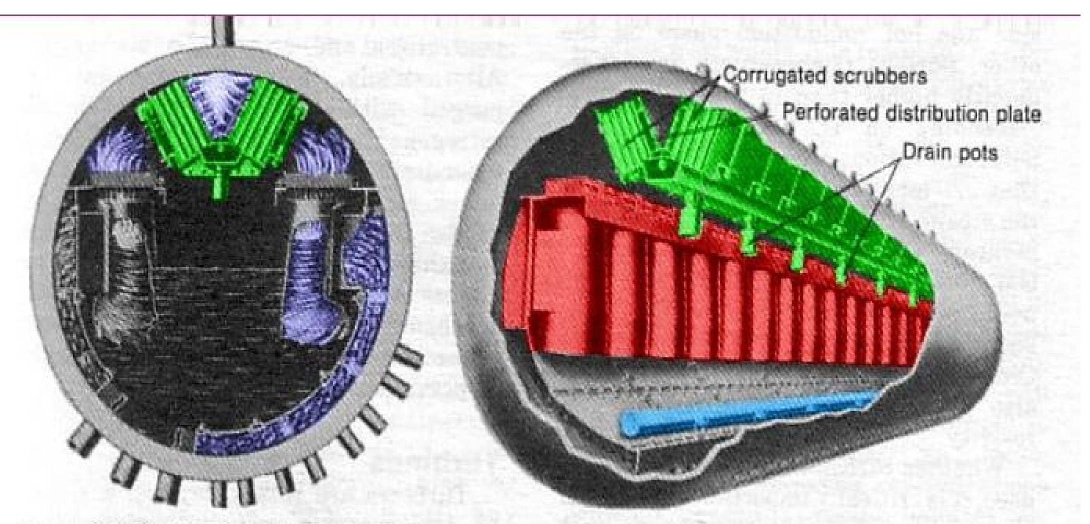
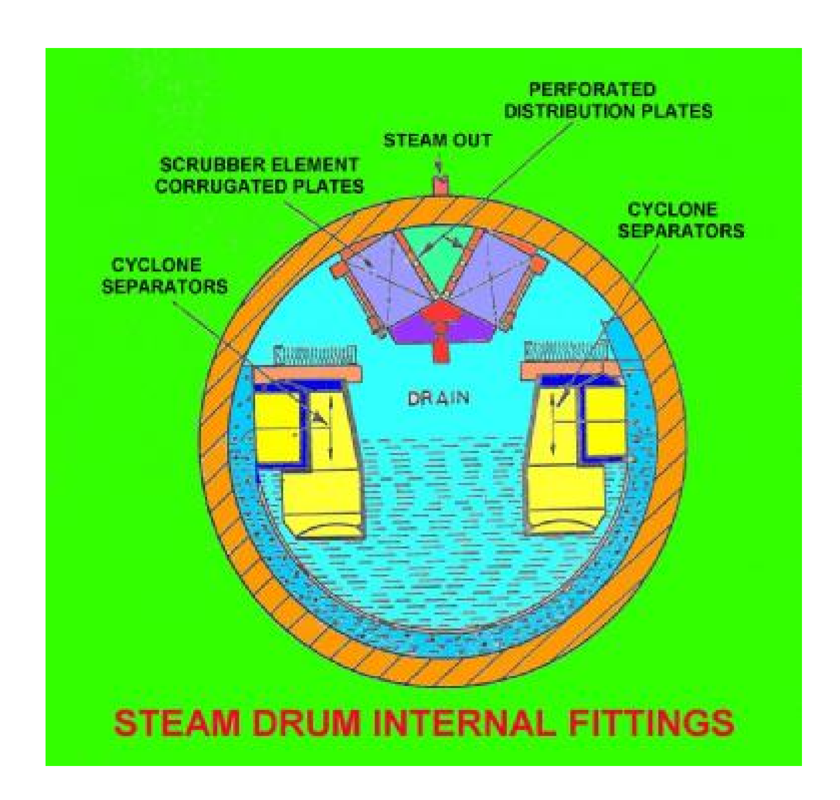
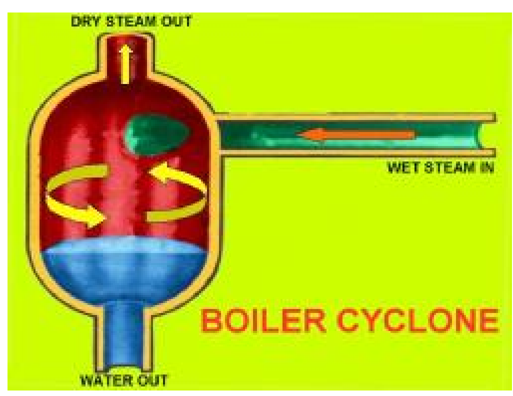
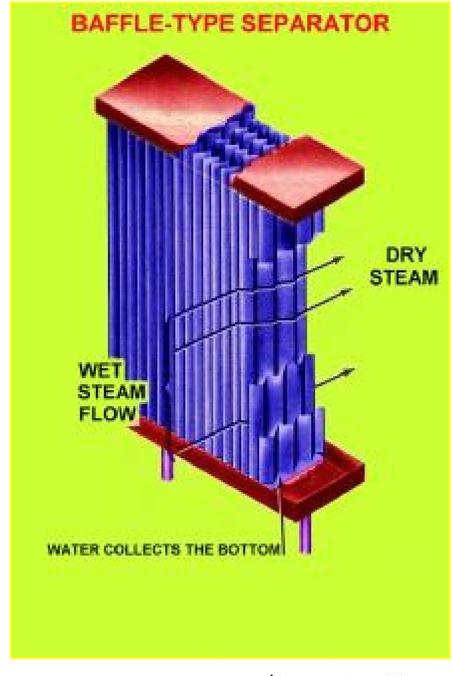


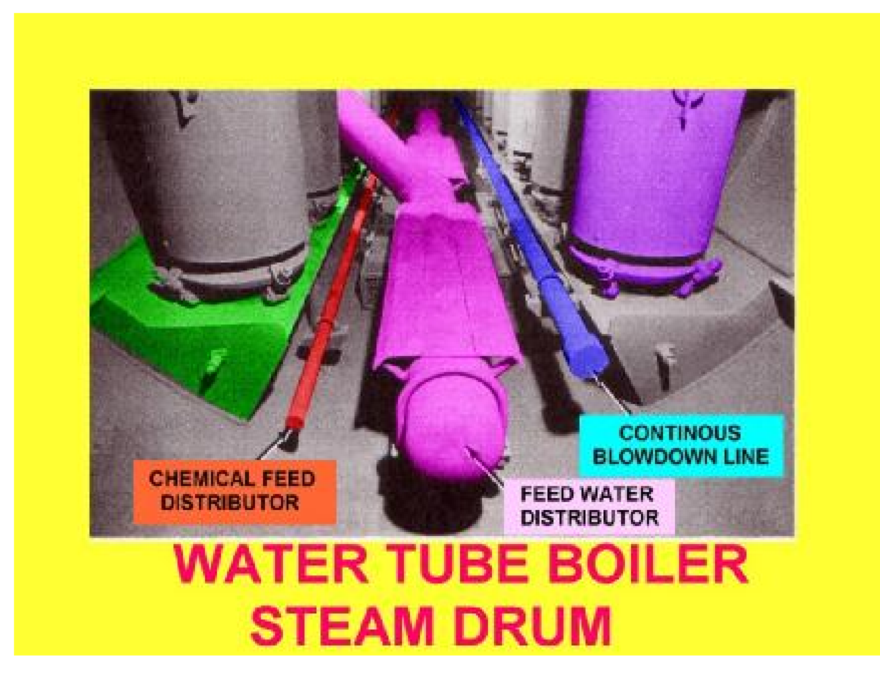
Figure 10-13. Mechanical steam separation in boiler drum is done with cyclones and corrugated scrubbers installed along length of drum. As steam-water mix enters cyclones, water is thrown off by centrifugal force: as the steam rises, scrubbers complete job.

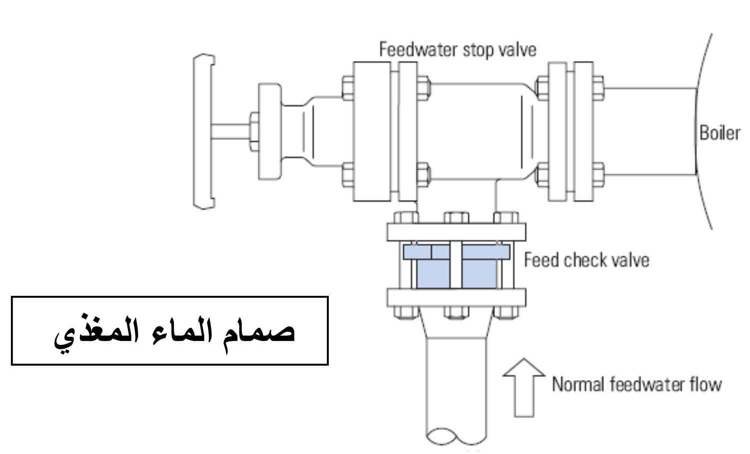

PERFORATED
DISTRIBUTION PLATES
STEAM OUT
SCRUBBER ELEMENT
CORRUGATED PLATES
CYCLONE
SEPARATORS
CYCLONE
SEPARATORS
DRAIN
STEAM DRUM INTERNAL FITTINGS


DRY STEAM OUT
WET STEAM IN
BOILER CYCLONE
WATER OUT


BAFFLE-TYPE SEPARATOR
DRY
STEAM
WET
STEAM
FLOW
WATER COLLECTS THE BOTTOM

Scrubber





6- نافخات الرماد والسخام .

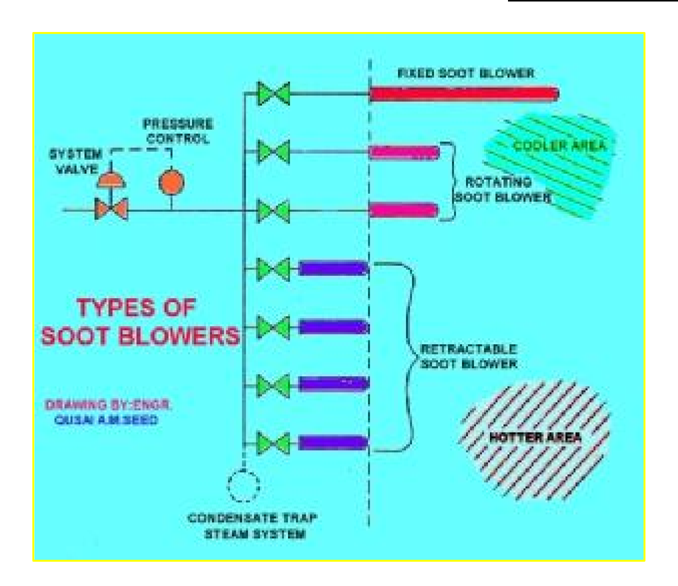
جهاز يستخدم في المراجل الصناعية والأفران لإزالة رواسب نواتج الاحتراق من السطح الداخلي للمرجل وتتكون من أنبوب يحتوي على نوزلات او ثقوب يخرج منها بخار عالي الضغط او هواء مضغوط حيث يصطدم بالسطوح التي عليها ترسبات فتم أزالتها .

وتكمن أهمية نافخات الرماد في :

1-إزالة الرماد والسخام ظروري للحصول على انتقال جيد للحرارة في أنابيب المرجل.

2-حماية المرجل من الترسبات التي تسبي الضرر بصورة مباشرة او غير مباشرة.

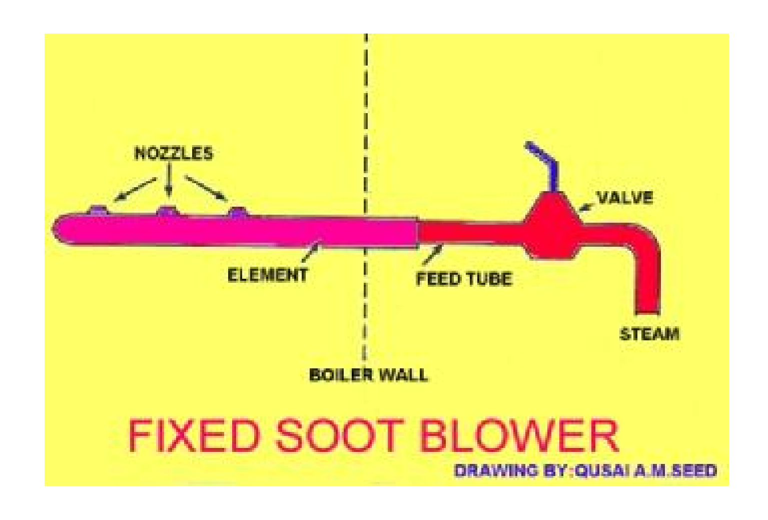
أنواع نافخات الرماد:



1-نافخات الرماد الثابتة:

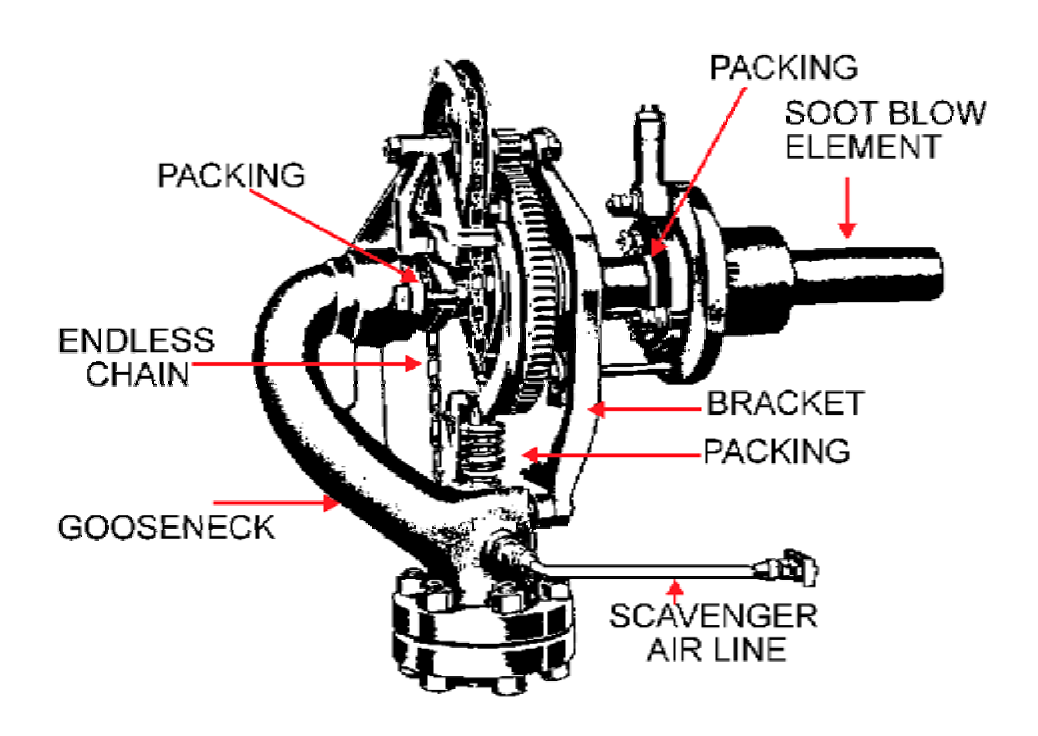
وتركب في الأماكن ذات الحرارة الواطئ نسبيا في المرجل.

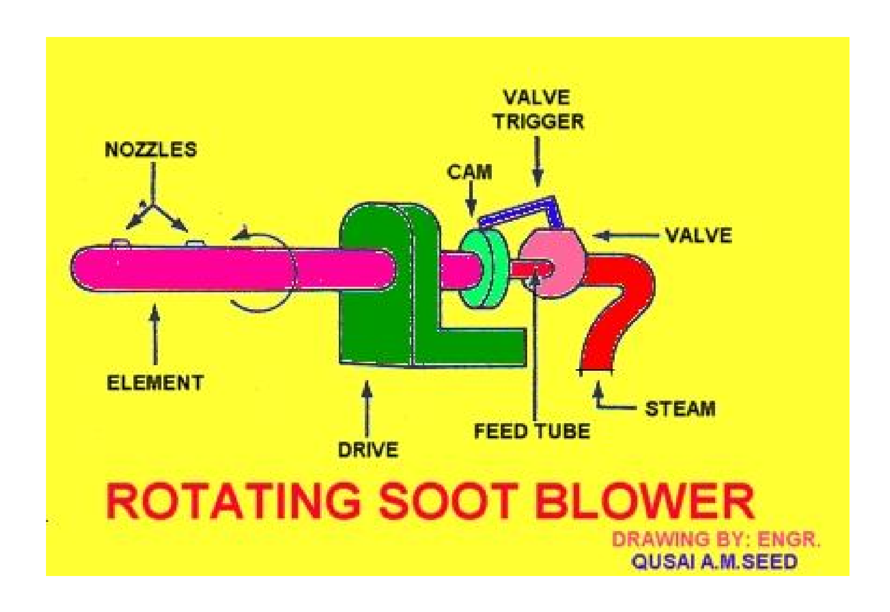




2-نافخات الرماد الدوارة الثابتة:

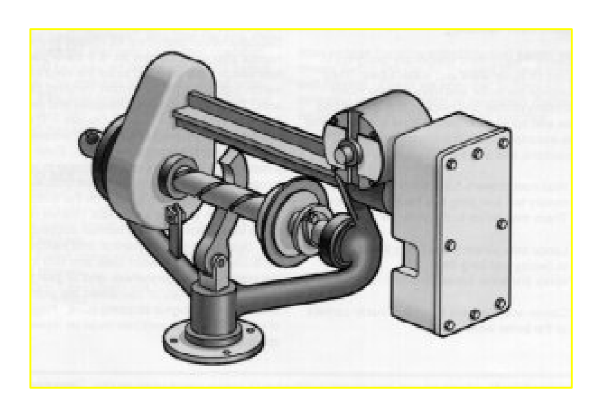
وتركب في الأماكن ذات الحرارة الواطئ نسبيا في المرجل أيضا ولها القابلية على الدوران حول محورها ويكون التدوير بواسطة محرك او بصورة يدوية.

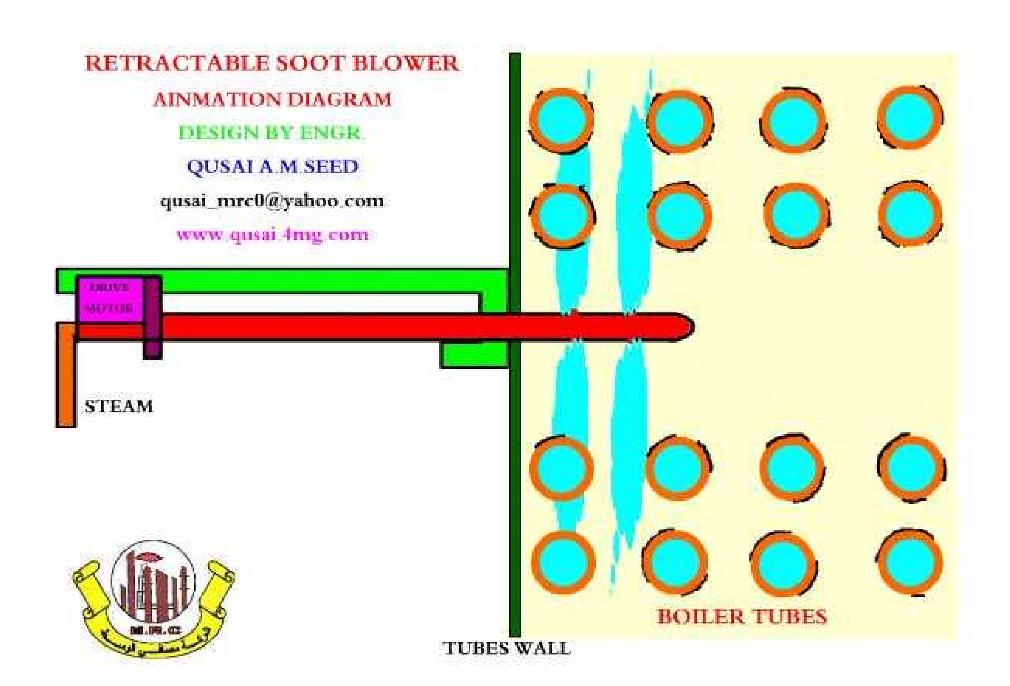




3-نافخات الرماد المتحركة الدوارة

تستخدم في الأماكن ذات الحرارة العالية في المرجل وتركب خارج المرجل وتدخل بصورة أفقية مع دورانها حول المحور وتستخدم فيها محرك كهربائي وتخرج بصورة أفقية أيضا مع دورانها عكس الاتجاه في الدخول .

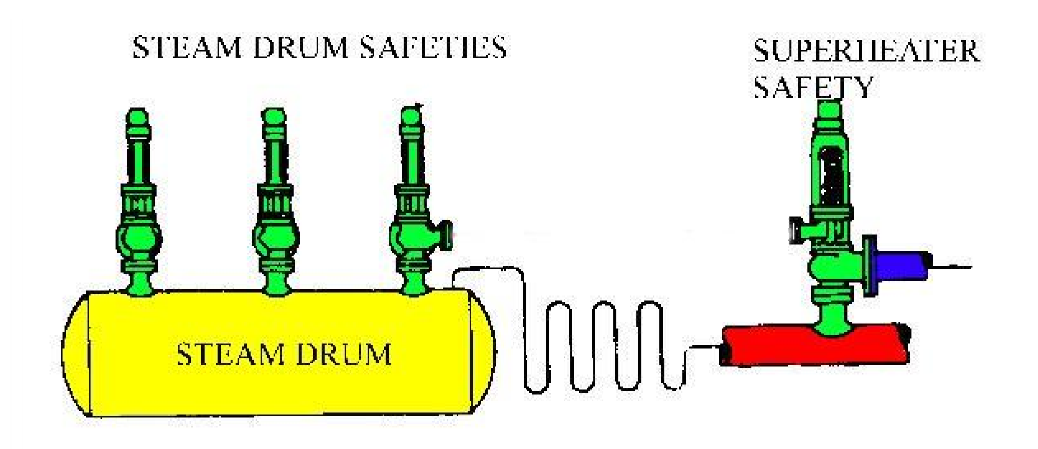




7- صمامات الأمان.

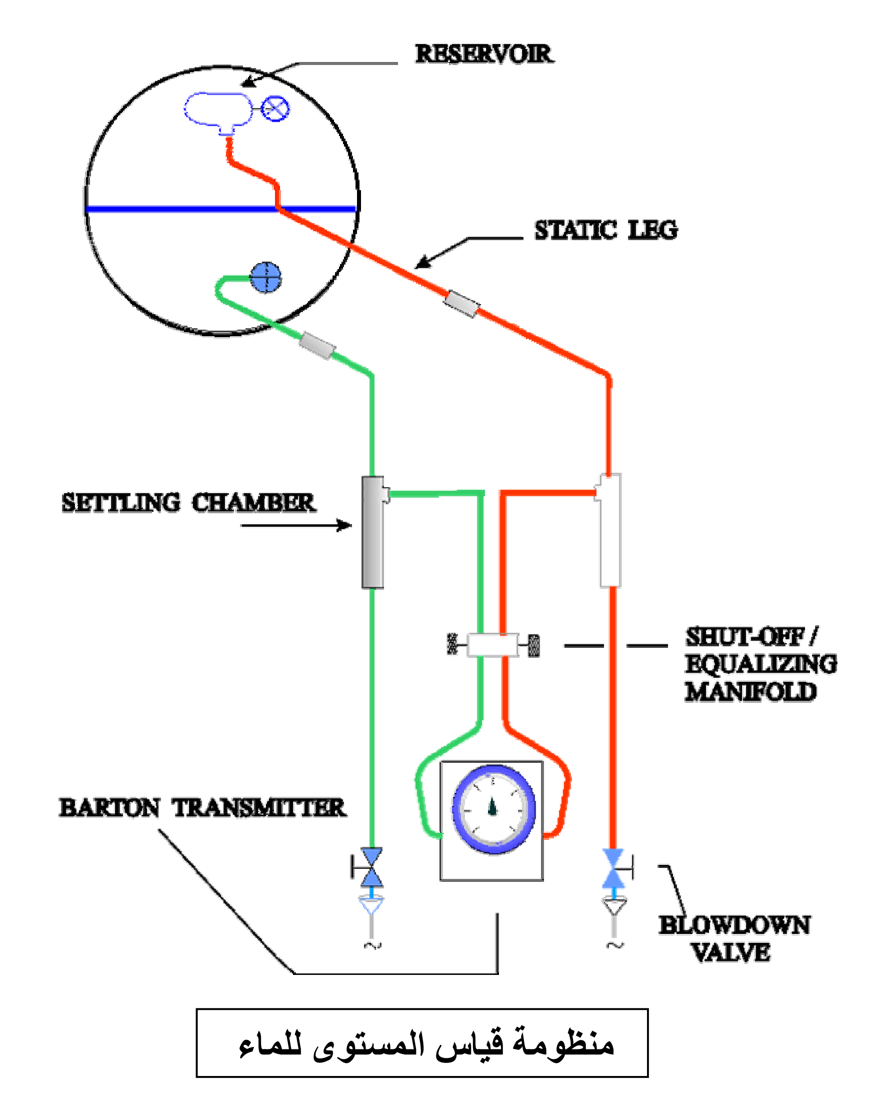
وهي صمامات تستخدم لتفريغ الضغط الزائد للمرجل البخاري لحمايته من الانفجار وتركب على وعاء البخار وانبوب البخار المحمص وتعمل ذاتيا نتيجة للضغط المسلط عليها المتمثل بضغط البخار.



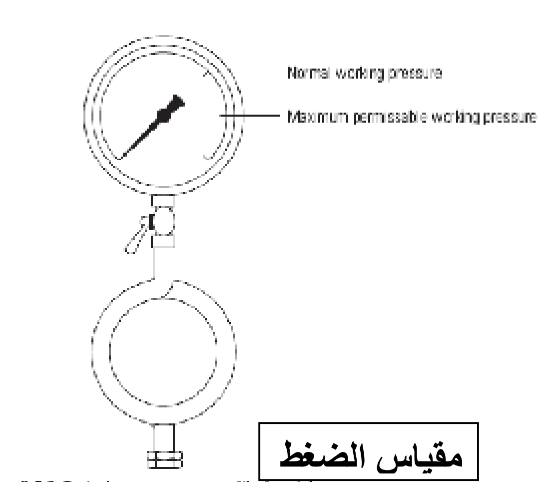


8- أجهزة السيطرة والقياس.

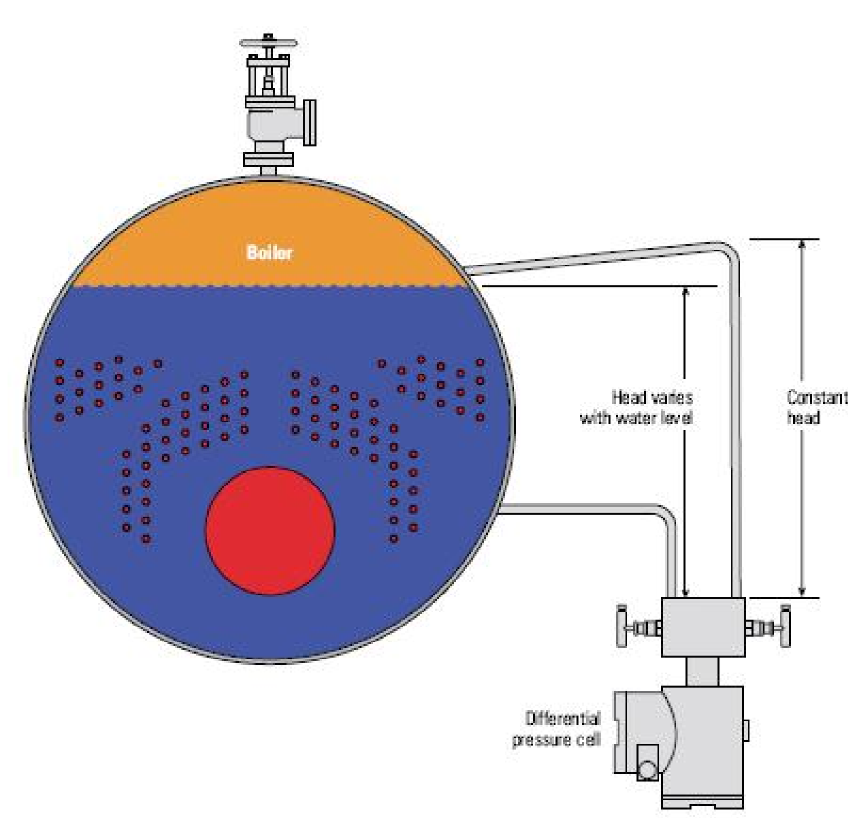
تتكون وحدة السيطرة على المراجل من مسيطرات على المستوى والجريان وعدادات انتاج البخار واجهزة قيا س الضغط والحرارة والمستوى .



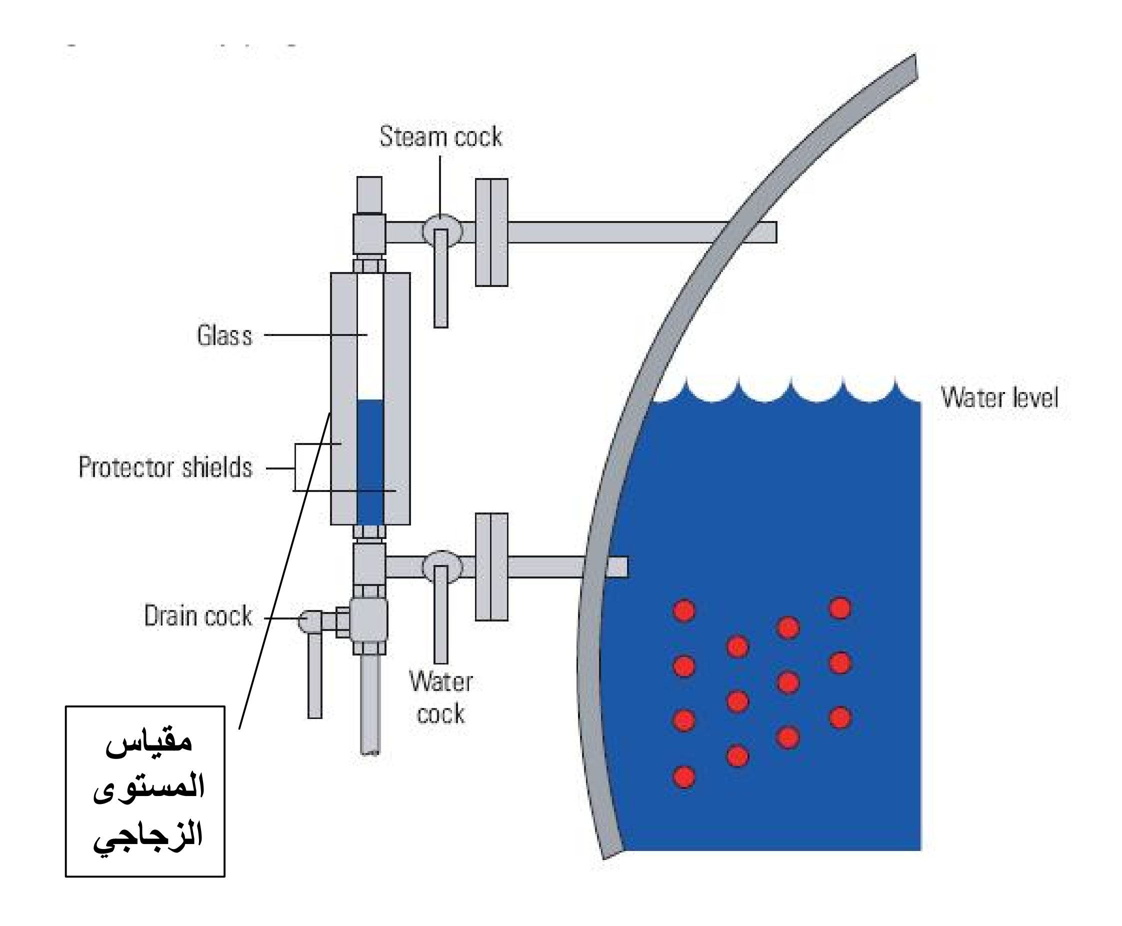
منظومة قياس المستوى للماء



مقياس الضغط



مرسلة قياس المستوى بواسطة فرق الضغط

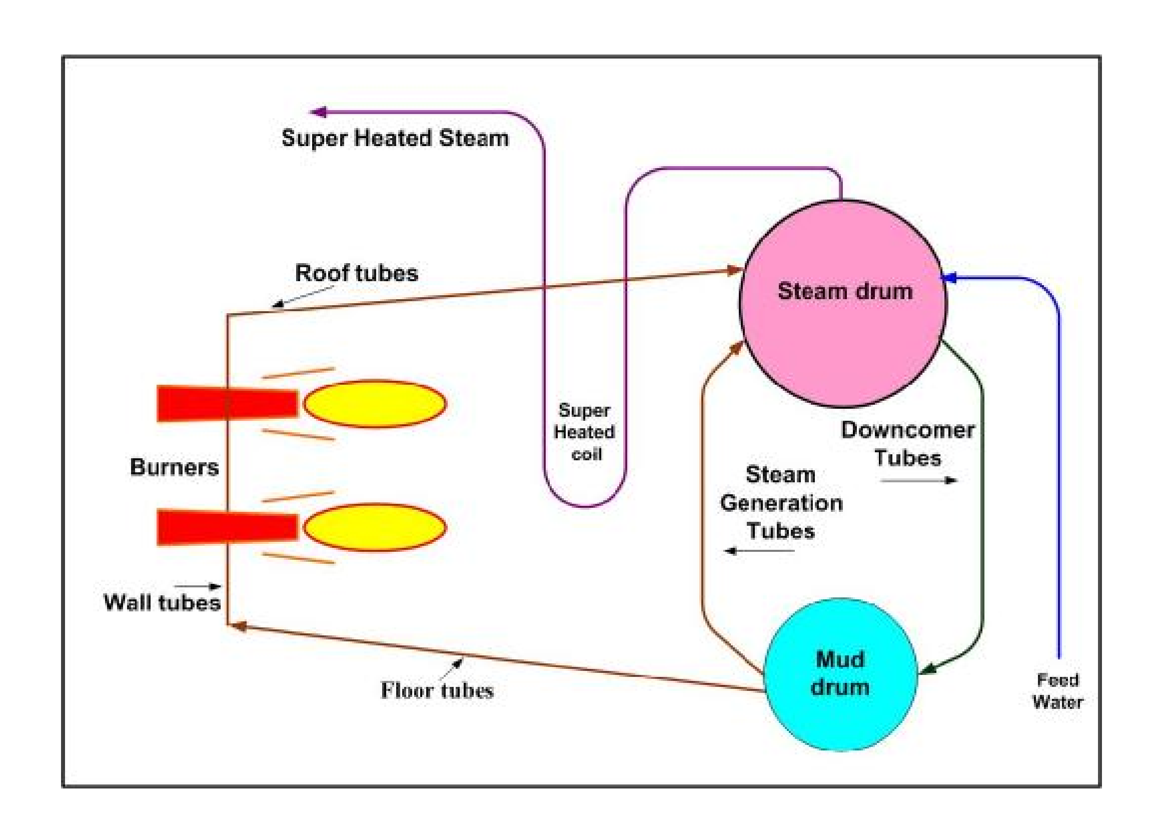


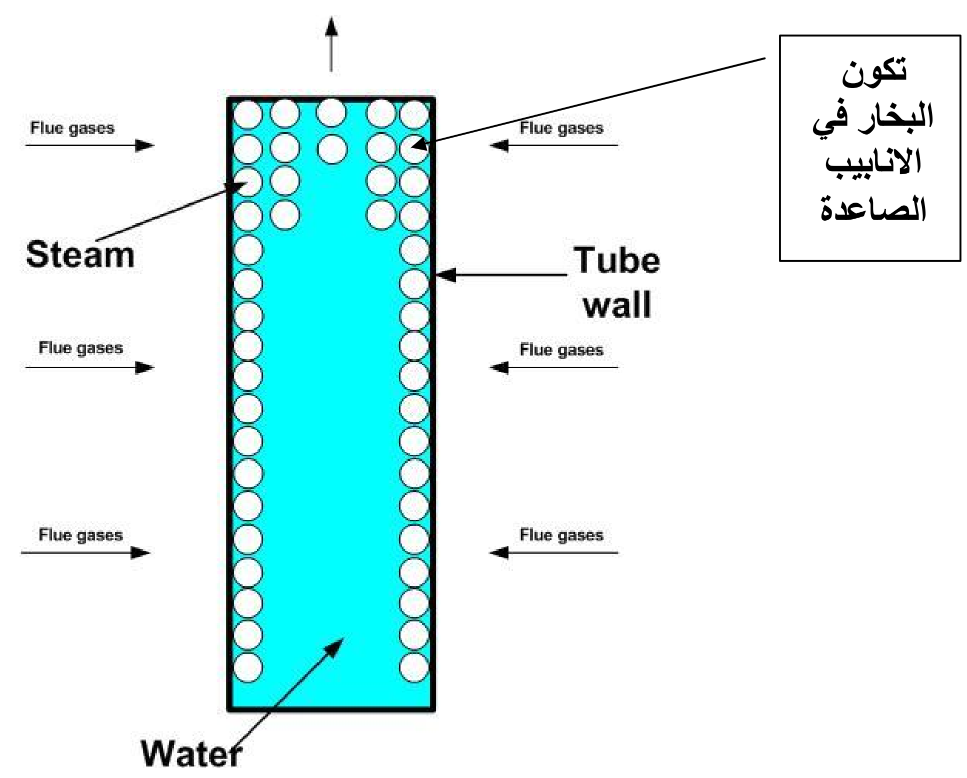
ملحقات المراجل البخارية :

1- معدات تزويد الوقود .
2- هواء الاحتراق .
3- المداخن.
4- مضخات تغذية الماء .
5- معدات تصريف ماء البزل .
6- معدات معاملة الماء وطرد الغازات الذائبة .
7- مسخنات الهواء الأولية.
8- الموفر.
9- مجمع الأتربة والرماد.

دورة جريان الماء والبخار فى المرجل البخاري:

تبدأ دورة الجريان في المرجل البخاري من دخول ماء التغذية المعامل الخالي من الشوائب والأملاح والأوكسجين (درجة حرارته 90-140 م) بواسطة مضخة تضخ الماء بضغط أعلى من ضغط البخار المنتج في المرجل إلى الوعاء العلوي وعاء البخار Steam Drum ويوزع من خلال أنبوب مثقب على طول الوعاء ثم يجري الماء إلى الأنابيب النازلة إلى الوعاء السفلي وعاء الماء Water Drum حيث يتم تسخينه بواسطة الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود و يبداء تحول الماء إلى بخار ثم يخرج من الوعاء بواسطة الأنابيب الصاعدة حيث يتم تسخينه مرة أخرى الى اكثر من 180 م ليتحول معظمه الى بخار ثم يخرج من فاصلة الماء عن البخارCyclones ثم الى القاشطات Scrubber التي تفصل ما تبقى من الماء **في** البخار لينتج في هذه المرحلة بخار مشبع Saturated steam ثم يجري الى المحمصـــــــــة
Super Heater coil حيث يتعرض إلى حرارة عالية تحوله الى بخار محمص جاف بدرجة حرارة من 260 الى 280 م .



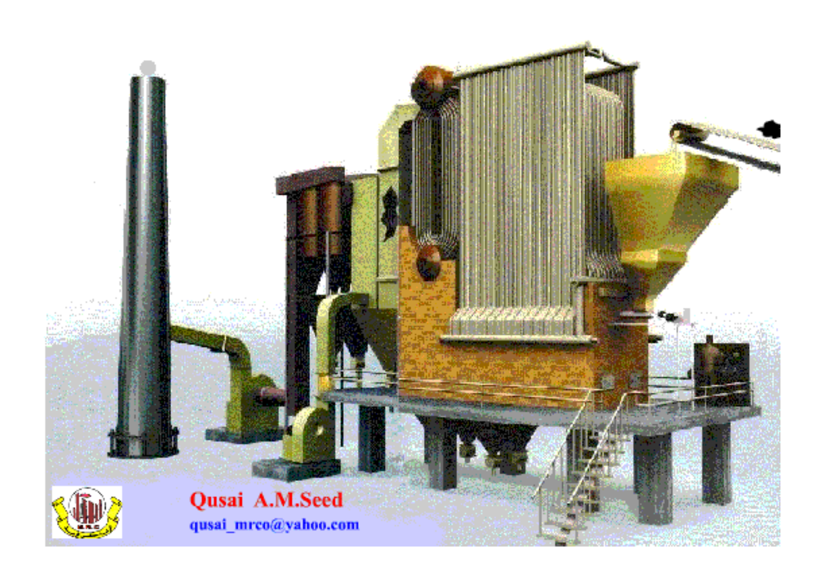


الوقود المستخدم فى المراجل البخارية

وهو عبارة عن المادة التي تتحد كيميائيا مع الأوكسجين وتطلق الحرارة.

1- الوقود الصلب :

يعتبر أول مصدر للطاقة ويشمل الفحم بأنواعه مثل الكوك والحجري وفحم الخشب .
تعود كافة أنواع الوقود الصلب إلى اصل سليلوزي ويدخل في تركيبها الكاربون و الهدروجين والأكسجين ونسبة قليلة من الكبريت والنتروجين .



2- الوقود السائل :

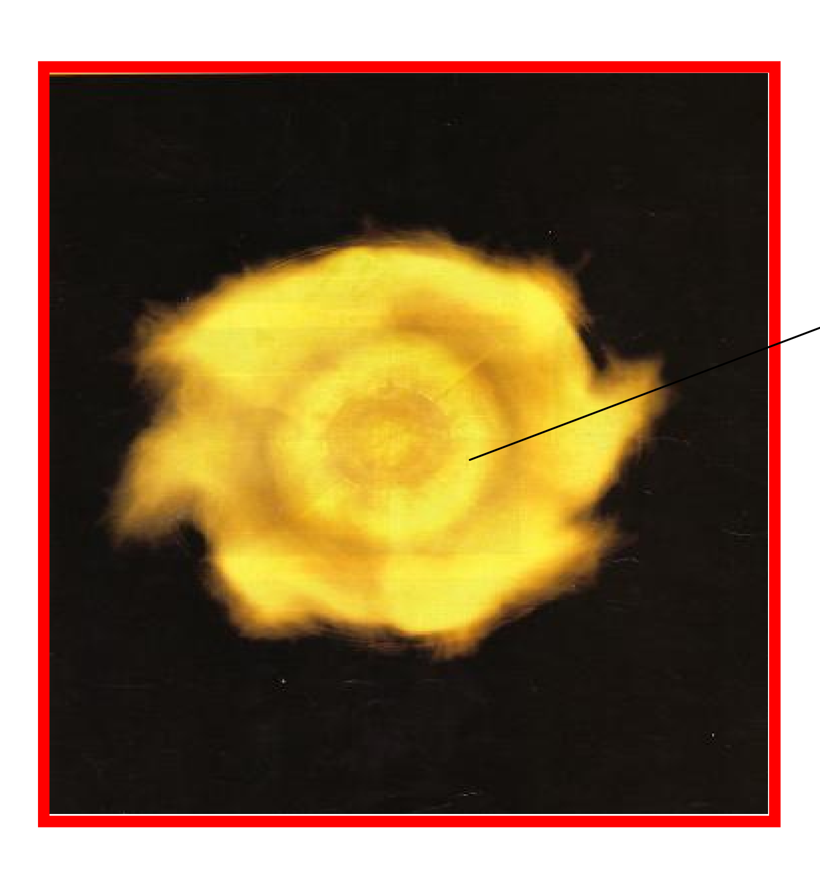
احتل البترول مركزا متميز بين مختلف مصادر الطاقة ومن ابرز الميزات التي يتمتع بها البترول هي :

أ-يحتوي على منتجات عديدة يمكن فصلها عن بعضها عن طريق التكرير وتمثل مصادر متنوعة في استعمال الوقود .

ب- يحتوي على كميات من الغاز الطبيعي بالإمكان فصلها عنه بعد خروجه على سطح الأرض .

ج- سهولة نقله الى مسافات بعيدة .

د- انخفاض كلفة انتاجة ونقلة وتكريره .



شعلة الوقود السائل

3 – **الوقود الغازي :**

يعتبر من أهم أنواع الوقود ومنه الغاز الطبيعي وغاز البترول وغاز الهدروجين والاستلين .

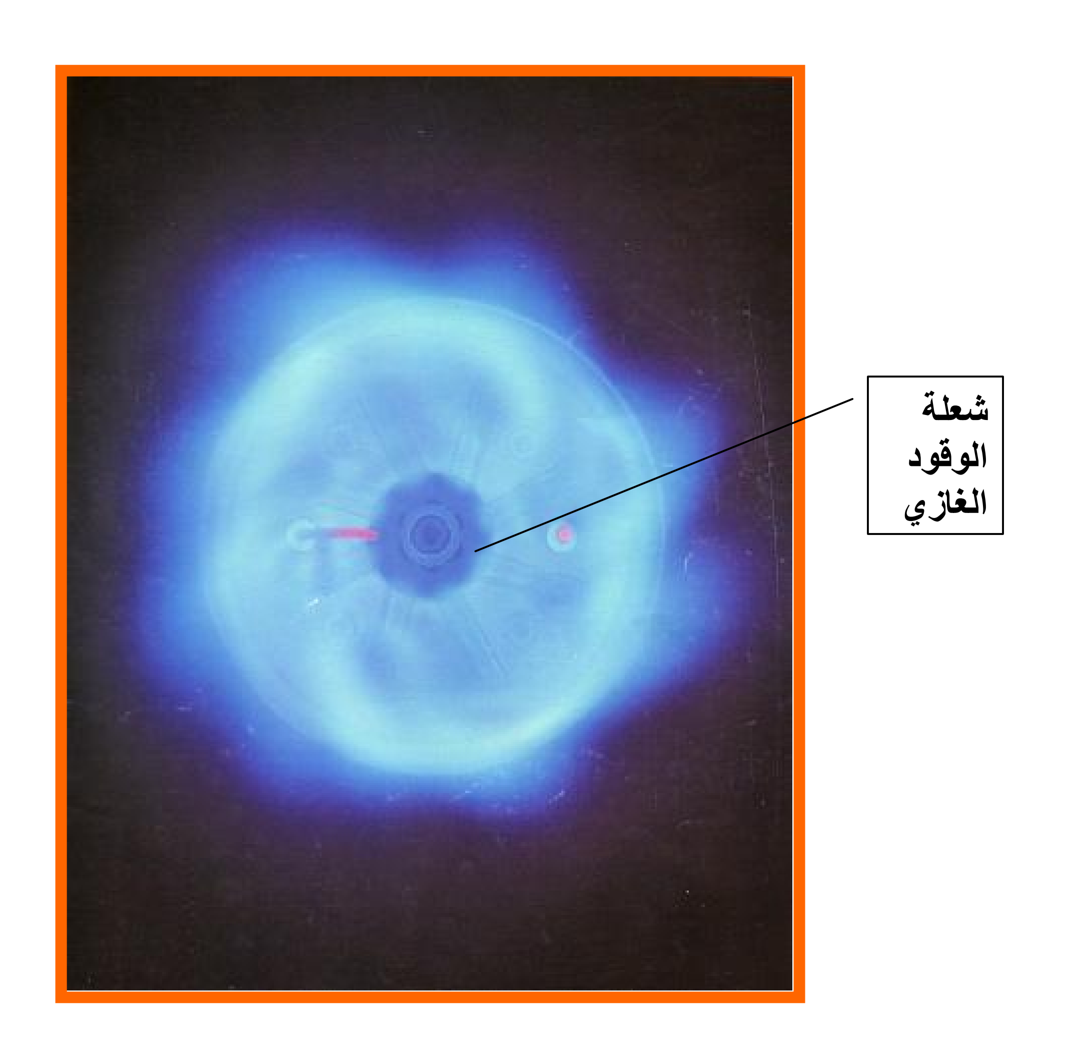
ويتميز الوقود الغازي على الوقود الصلب بما يلي :

أ-سهولة ضغطة ونقلة بالأنابيب إلى الأفران والمراجل البخارية .

ب- يحترق بصورة تامة .

ج-لا يخلف عند الاحتراق رماد أو دخان أو شوائب أخرى تذكر .

د-سهولة السيطرة على اللهب وعلى درجة الحرارة .
ت-كلفة الوحدات الحرارية من الغاز اقل مما للوقود الصلب و السائل .
أما مساوئه الأساسية فهي صعوبة الخزن والتسويق لمسافات طويلة .



أنواع الاحتراق:

1-الاحتراق التام

$$C+O_2 \longrightarrow HEAT + CO_2$$

$$H_2+1/2\ O_2 \longrightarrow H_2O+HEAT$$

2-الاحتراق الغير تام

ويحصل عند عدم كفاية هواء الاحتراق ويتكون اول اوكسيد الكاربون

$$2C+O_2 \longrightarrow 2CO+HEAT$$

الاسباب التى تجعل الاحتراق الغير تام غير مرغوب فيه

1- ان غاز اول اوكسيد الكاربون من المكن ان يسبب عملية الاحتراق المتاخر.
2- ان غاز اول اوكسيد الكاربون سام جدا.
3- صرفيات اكبر في الوقود
4- ان اعادة اشتعال اول اوكسيد الكاربون قد يسبب الانفجار.

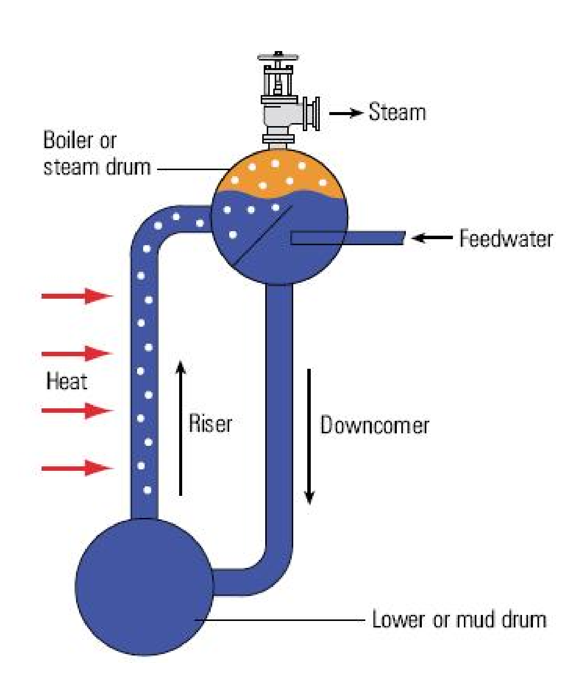
انتقال الحرارة فى المراجل البخارية

المبادئ الأساسية :

1- وجود اختلاف في درجات الحرارة .
2-انتقال الحرارة من الوسط الساخن إلى الأقل سخونة .
1- الانتقال الحراري بإحدى الطرق التالية أو بالاشتراك بينهم جميعا .

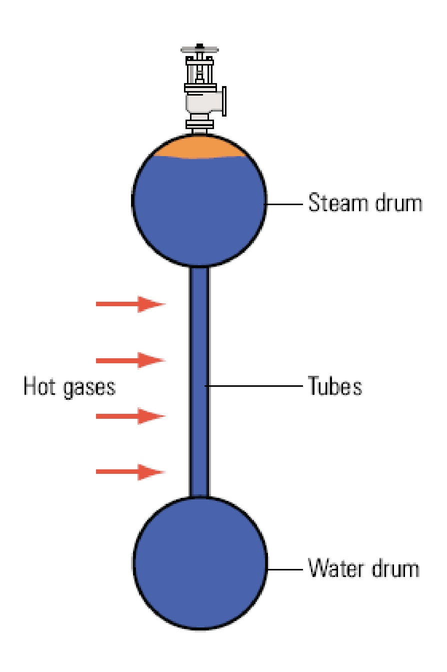
I- **التوصيل** :

ويتم بهه الطريقةانتقال الطاقة الحرارية خلال المادة بدون تحرك جزيئات هه المادة ويحدث في المواد الصلبة حيث ان الطاقة الحرارية تنتقل بواسطة الجزيئات الساخنة المهتزة مسببا اهتزاز الجزيئات المجاورة ولغاية بلوغها الحرارة المناسبة ،وتتمثل هذه الطريقة في انابيب المرجل ويكون الانتقال بين معدن الأنابيب والماء المحتوى بداخله وانتقال الحرارة من الجدار العازل.

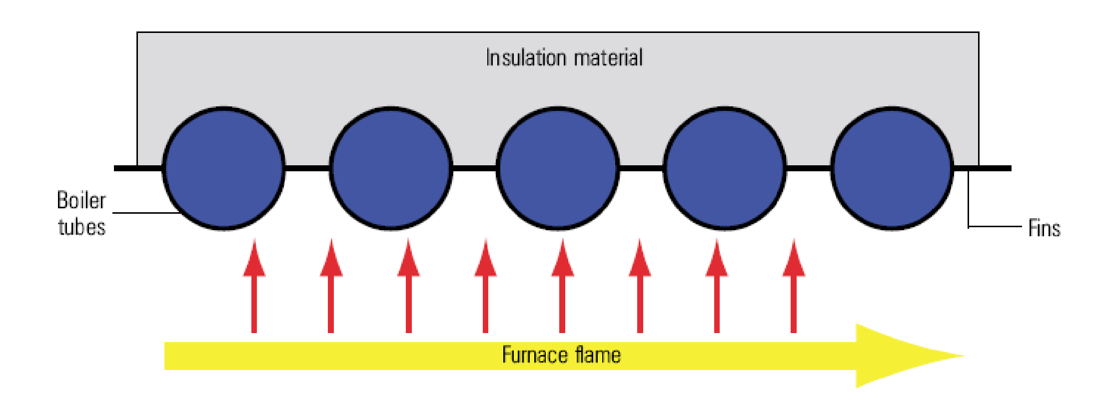


II- **الحمل** : انتقال الحرارة بفعل اختلاف الكثافة نتيجة السخونة ويكون هذا الانتقال إما طبيعي مثل جريان الماء والبخار أو مفتعل بواسطة وسائل ميكانيكية لانتقال الحرارة من الغازات العادمة الى سطوح الأنابيب حيث

انتقال الطاقة الحرارية يتم من خلال حركة الجزيئات الساخنة من مكان الى اخر .



III- **الإشعاع** :وهو شكل مستمر من التبادل الداخلي للطاقة بواسطة الأمواج الكهرومغناطسية ويحث داخل الفرن .



الحرارة المفقودة في المرجل:

ـان من المستحيل ان يوجد جسم يختلف بدرجة حرارته عن درجة حرارة المحيط بدون حصول انتقال حراري لان الحرارة تميل الى الانتقال من الجسم الساخن الى الابرد. وهنالك نوعان من الفقدان هما:

1-الحرارة المفقودة في الغازات العادمة.

2-الحرارة المفقودة من جدران الفرن.

تمارين الاحتراق وكفاءة المرجل

ت1

احسب حجم الوقود متر /ساعة المستخدم في مرجل بخاري علما ان كمية الوقود المستخدم 11700 باوند بالساعة وان API=15 ؟

$$API=\frac{141.5}{Sp.gr}-131.5$$

الكثافة النوعية=كثافة المادة/كثافة الماء

الكثافة= الكتلة /الحجم **الحل : من قبل المتدرب**

ت2

مرجل بخاري يسخن بواسطة زيت الوقود تحت الظروف الاتية المطلوب احسب كمية الاوكسجين اللازم لعملية الاحتراق وكفائة المرجل ؟

كمية البخار المتولد = 1000 كغم /ساعة

درجة حرارة البخار المحمص = 480 م

ضغط بخار الماء المحمص = 42 جو (مطلق)

درجة حرارة ماء التغذية = 115م

كمية الوقود المستهلك = 75 كغم/ساعة

القيمة الحرارية للوقود 11000 ك/سعرة/كغم

تركيب الوقود 80% كاربون 12% هدروجين 2.5 % كبريت 0.5 %

نسبة الهواء الزائد = 10 %

الحل

كمية الحرارة الممتصة في بخار الماء المحمص عند 480 م وضغط 42 جو(من جداول البخار) = 812 ك سعرة/كغم

كمية الحرارة في ماء التغذية عند 115 م = 115 ك سعرة /كغم

الحرارة الكلية المعطاة لبخار الماء =(812- 115) * 1000 = 697000 ك سعرة

75 كغم من الوقود يتضمن :

وزن الكاربون = 60 كغم

وزن الهدروجين = 9 كغم

وزن الكبريت = 1.8 كغم

كمية الاوكسجين النظرية = $\frac{32 \times 60}{12} + \frac{16 \times 9}{2} + \frac{32 \times 1.8}{32}$ = 234 كغم

كمية الاوكسجين الزائد = 234 x 0.1 =23.4 كغم

كمية الاوكسجين الكلي = 234 +23.4 =257.4 كغم

الحرارة الداخلة = 11000x75 =825000 ك سعرة

كفاءة = $\frac{\text{الحرارة المتصة في بخار المـــــــــاء}}{\text{القيمة الحرارية للوقود x كمية الوقود}}$ x 100

= $\frac{697000}{825000}$ x 100

= 84.48 %

تيار السحب (Draught)

يتحدد هدف تيارالسحب في المرجل بما يلي

1- في تزويد الهواء اللازم لاحتراق الوقود وتتوقف كمية الوقود المحترقة في وحدة المساحة السطحية من الموقد على كمية الهواء المدفوع خلال طبقات الاحتراق

2- لازالة غازات الاحتراق الناتجة من الفرن

ويعرف تيار السحب بالفرق بين الضغط المطلق للغازات عند أي نقطة من مجرى الغاز والغط الجوي.

ويتوقف مقدار تيار الهواء اللازم على ما يلي :

1- نوع الوقود المستخدم وسمك الطبقات
2- سرعة وعمق الاحتراق المطلوب
3- تصميم الفرن و المدخنة
4- المقاومة المشتركة لملحقات الفرن مثل سخانات الهواء والموفر

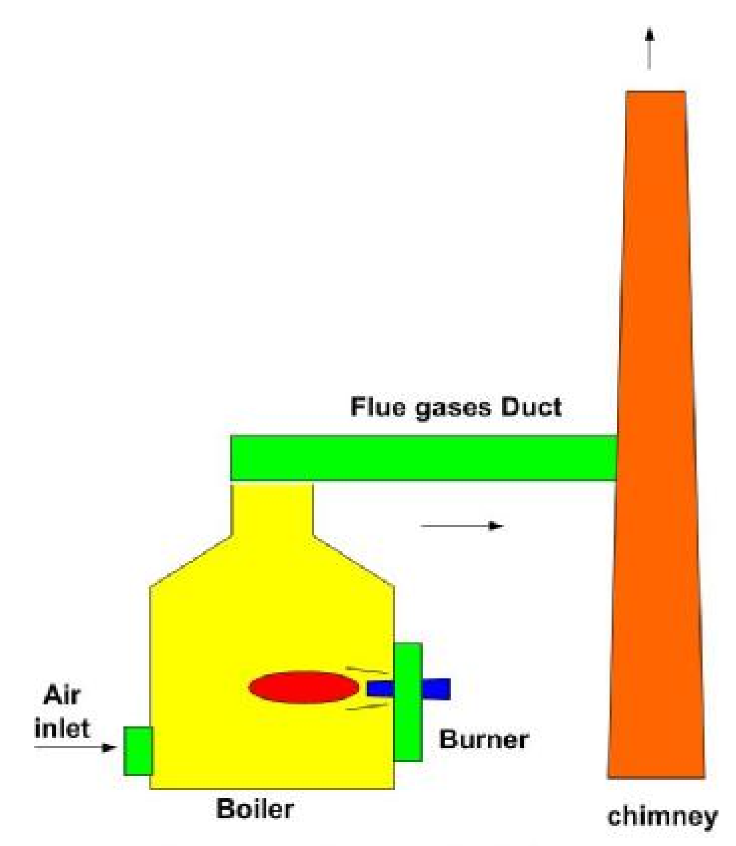
تقسم تيارات السحب الى صنفين:

تيار السحب الطبيعي (Natural Draught)

تيار السحب الميكانيكي (Mechanical Draught)

تيار السحب الطبيعي (Natural Draught)

يحدث نظام تيار السحب الطبيعي عند استخدام المدخنة فقط وبدون الساحبات ويحدث بسبب فرق الضغط بين مجرى الغازات الساخنة داخل المدخنة ومجرى الهواء الخارجي.



Natural Draught Diagram

تيار السحب الميكانيكي(Mechanical Draught)

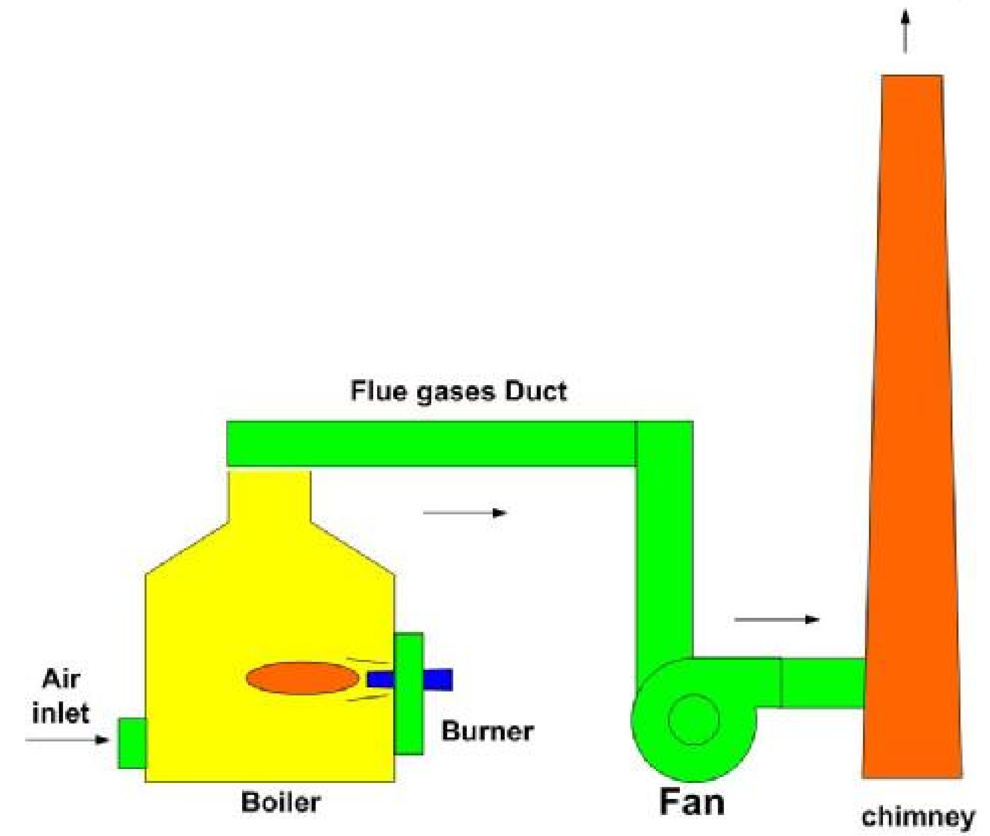
يزود نظام الاحتراق في المراجل الكبيرة بساحبات لزيادة تيار السحب اللازم مما يودي الى خفض ارتفاع المدخنة وتتم في هذه الحالة السيطرة على تيار السحب بصورة أدق والتخلص من تأثير الجو عليه

تقسم الى

1- تيار السحب التأثيري (Induced Draught)
2- تيار السحب القصري (Forced Draught)
3- تيار السحب المتوازن(Balanced Draught)

1- تيار السحب التأثيري (Induced Draught)

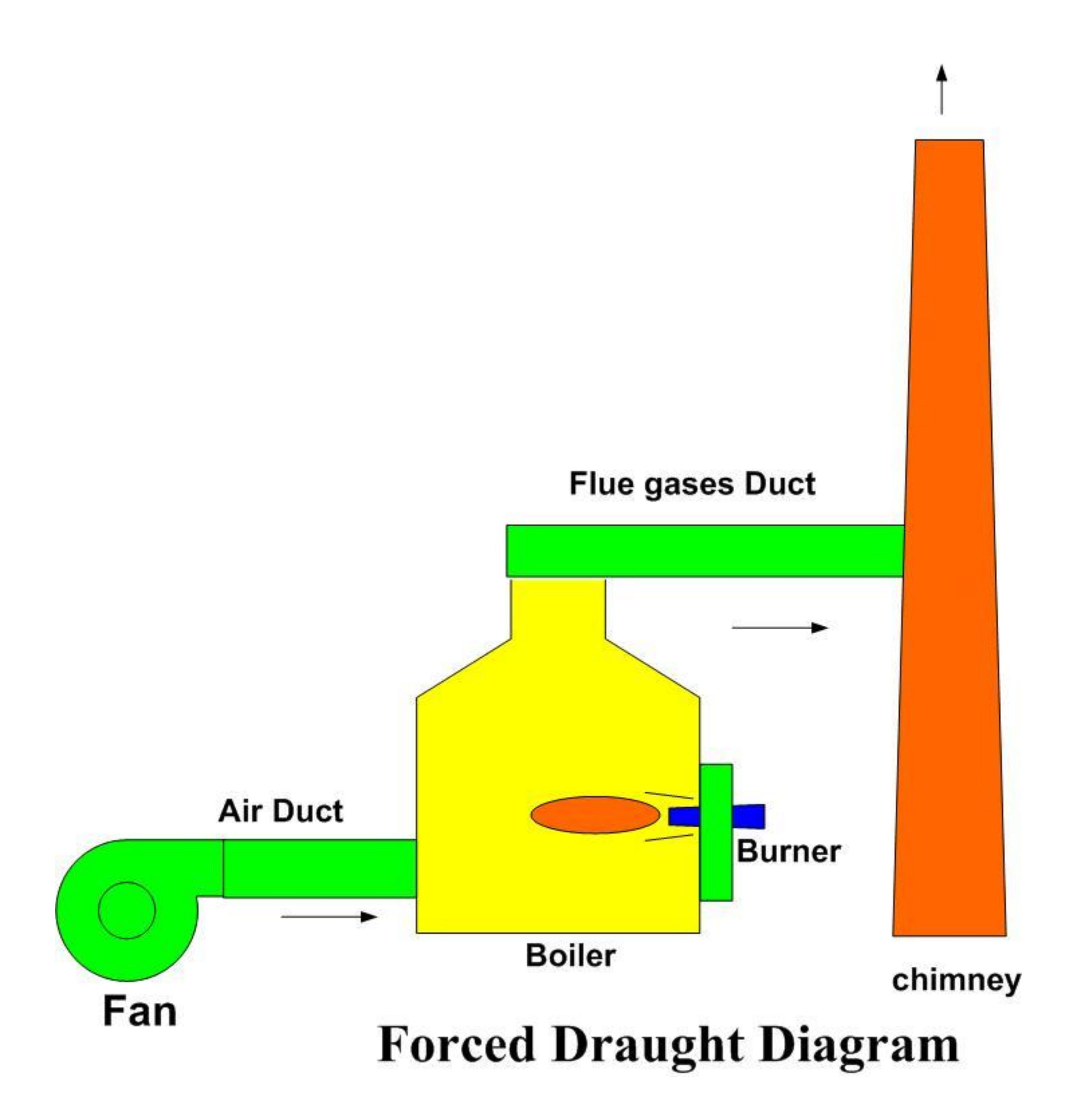
تثبت ساحبات الغاز العادم منذ قاعدة المدخنة ويسحب الهواء بتاثير التخلخل الحاصل عند عمل الساحبات بالاضافة الى تيار السحب الطبيعي بتاثير المدخنة ذاتها.



Induced Draught Diagram

2- تيار السحب القصري (Forced Draught)

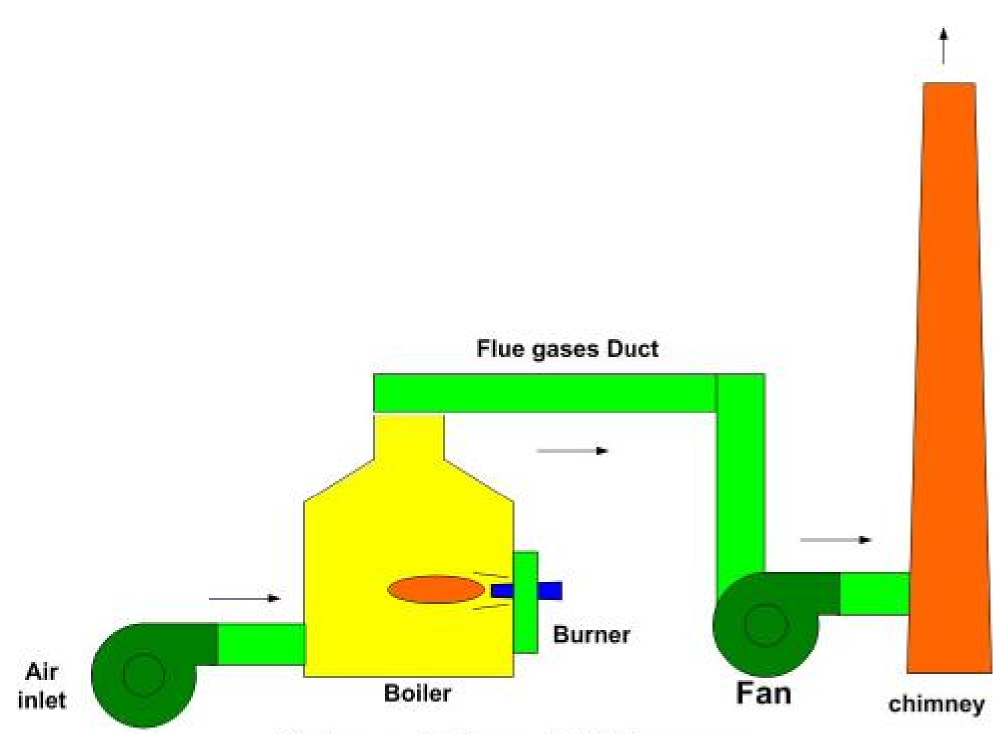
تثبت الساحبات في اسفل او عند مقدمة الموقد لسحب الهواء البارد عند ضغط اعلى من الضغط الجوي .



Forced Draught Diagram

3- تيار السحب المتوازن(Balanced Draught)

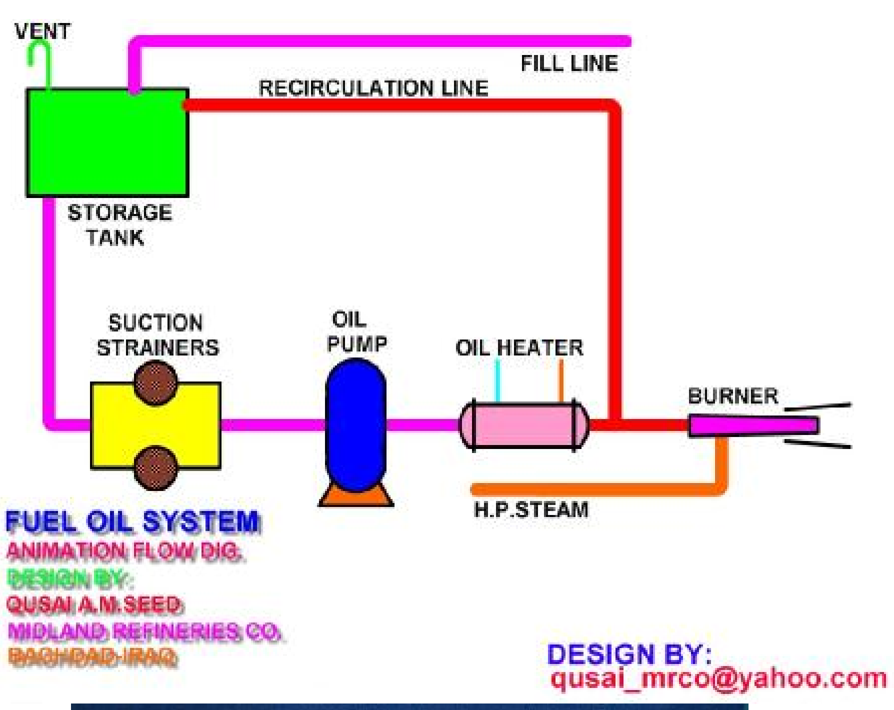
ويتكون تيار السحب المتوازن عند موازنة التيار القصري والتيار التاثيري وذلك عند تثبيت ساحبة عند مقدمة الفرن واخرى عند قاعدة المدخنةوعندئذ تحصل موازنة بين الضغط والتخلخل. ويتم العمل تحت ما يقارب الضغط الاعتيادي .



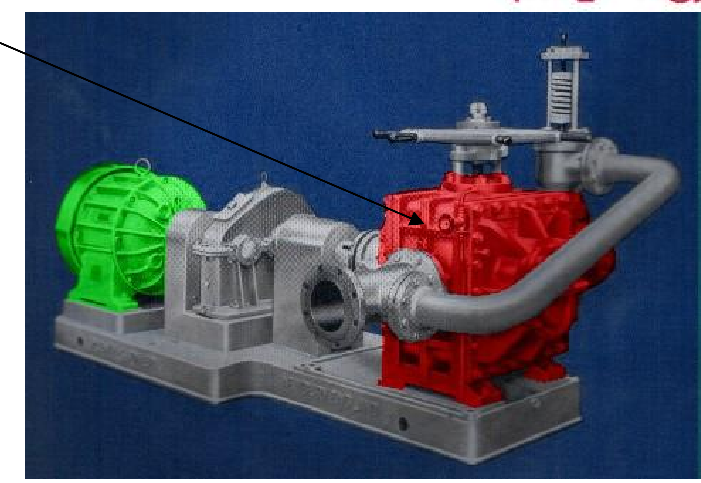
Balanced Draught Diagram

ملحقات المراجل البخارية:

1- معدات تزويد الوقود . وتتكون من خزانات للوقود ومبادلات للتسخين ومضخات ومرشحات.



مضخة الوقود ذات الصفائح



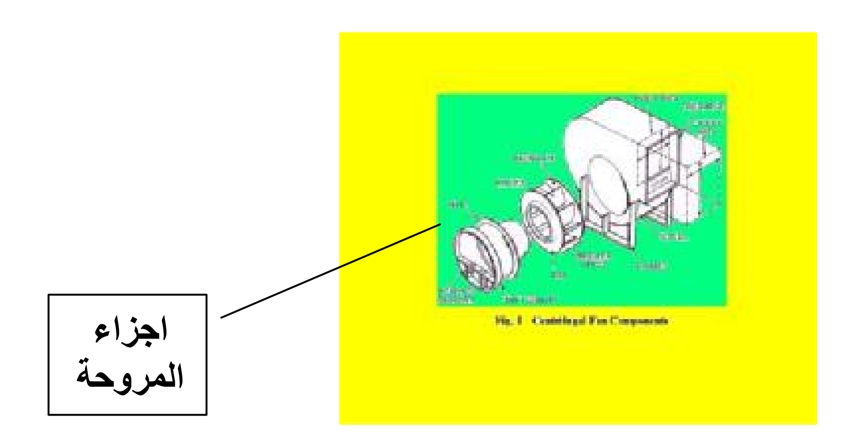
Tube Outlet
Shell Inlet
Baffles
Shell Outlet
Tube Inlet

مبادلة لتسخين للوقود

2- معدات تجهيزهواء الاحتراق .

يتم تجهيز هواء الاحتراق الى المرجل بواسطة

1-السحب الاعتيادي.
2- دافعات هواء.
3- ساحبات هواء.
4- ساحبات ودافعات هواء معا.



3- المداخن.

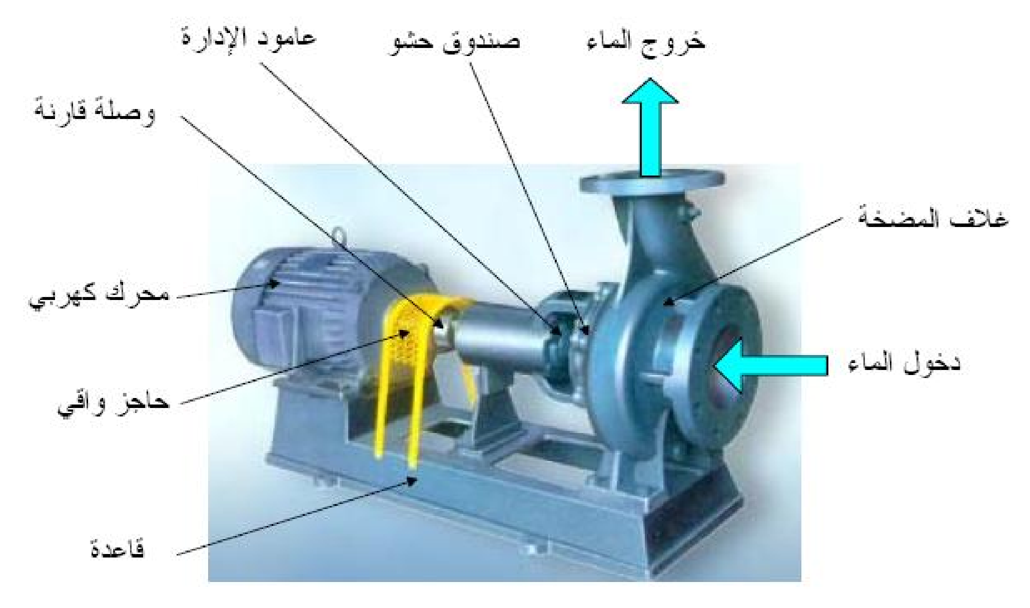
المدخنة

تصنع المداخن عادة من الحديد او الحجارة والكونكريت والنوع الأخير شائع أكثر حيث يقاوم فترة زمنية تقدر بـ 50 سنة مقارنة بالنوع الأول (15 سنة) وتتوقف المساحة السطحية الصافية للمدخنة على ما يلي:

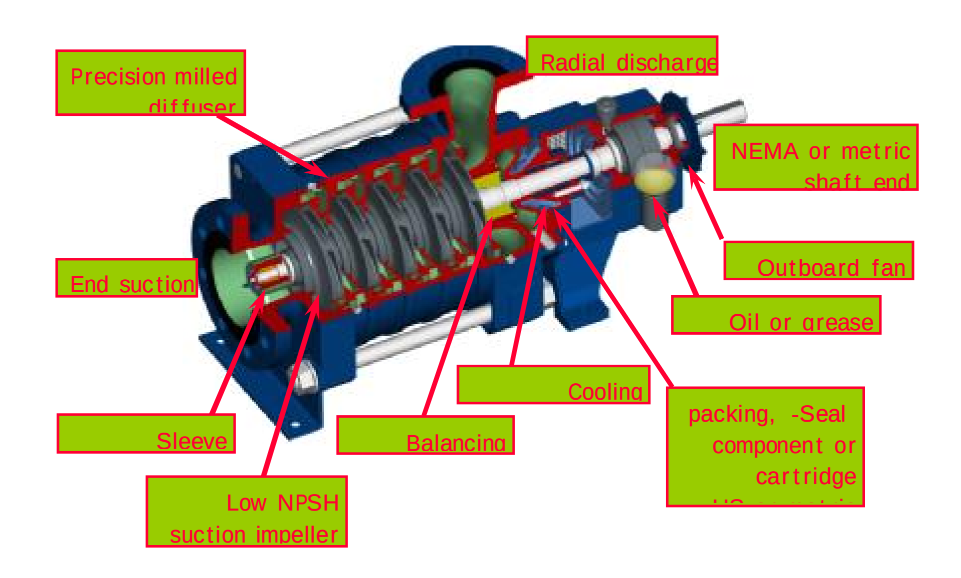
1- حجم الغازات المطلوب تفريغها من المرجل بطاقة قصوى
2- مقدار السحب المطلوب.



3- **مضخات تغذية الماء** .وهي من الطاردة عن المركز
تستند في عملها على مبدأ الطرد المركزي بدفع المائع واهم أجزاء المضخة هي:-
المحرك وهو الجزء الذي يولد الحركة في المضخة.
الذراع وهو الجزء الذي ينقل الحركة من المحرك إلى المضخة.
جسم المضخة حيث يكون مصمم لكي يندفع المائع باتجاه التصريف.
وتكون هذا النوع اما على مرحلة واحدة او عدة مراحل وتبعا لمعدل الجريان والضغط المطلوب .



اجزاء مضخة مياه المرجل



4- معدات تصريف ماء البزل .

وهي اوعية تفصل البخار عن الماء حيث يتم تصريف الماء الى المجاري اما البخار فيتم الاستفادة منه في منظومة البخار الضغط الواطئ في حالة البزل المستمر.

انواع البزل

1- البزل المستمر (continuous blow down): طرح جزء من ماء وعاء البخار والذي تكثر الاملاح فيه الى وعاء البزل.

2- البزل المتقطع (Intermittent blow down) طرح جزء من ماء وعاء الماء الى وعاء البزل.

حساب كمية البزل

CBW × FBD = CFW × FFW

CBW = TDS IN BOILER WATER

FBD = BLOWDOWN FLOW RATE

CFW= TDS IN FEED WATER

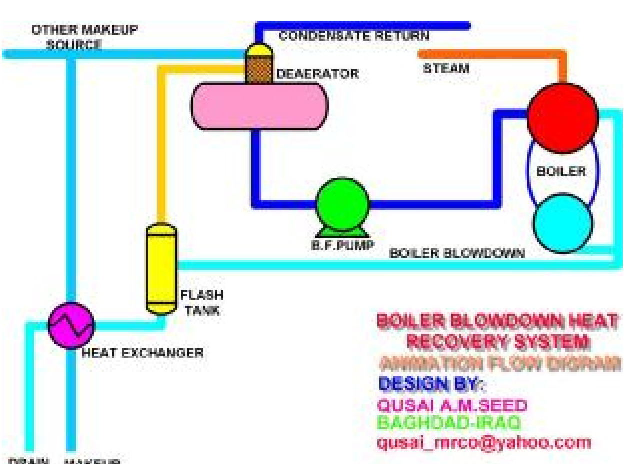
FFW = FEED FLOW RATE

تمرين :

احسب كمية البزل متر مكعب بالساعة لمرجل بخاري معدل جريان الماء فية 22 متر مكعب بالساعة حيث يحتوي على نسبة املاح مقدارها 35 جزء بالمليون ويحتوي ماء المرجل على 1500 جزء بالمليون ؟

الحل من قبل المتدرب





6- معدات معاملة الماء وطرد الغازات الذائبة .

قد يحتوي الماء الطبيعي على شوائب صلبة او سائلة او غازية ، مما يوثر على سلامة المرجل وملحقاته ويتطلب إزالة الشوائب من ماء التغذية قبل استخدامه في المرجل ومن ابرز الشوائب المطلوب أزالتها من الماء بصورة إضافية كمايلي :

1- الأملاح الذائبة .
2- الغازات الذائبة.
3- مواد عالقة او أطيان.

معاملة ماء التغذية:

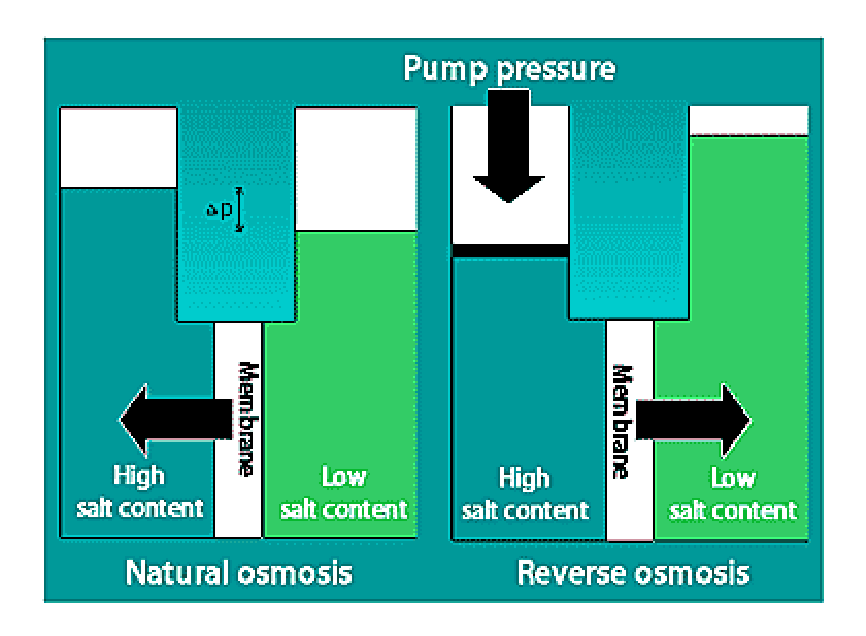
تتضمن معاملة الماء بهدف إزالة الأملاح والشوائب وكمايلي:

1- **المعاملة الميكانيكية:** وتهدف هذه المعاملة الى إزالة المواد العالقة عن طريق تجميع العوالق وترسيبها ومن ثم ترشيحها.

2- **المعاملة الكمياوية:** وتشمل وحدات R.O, EDR والتي تزيل جزء كبير من الأملاح الذائبة أما ما تبقى منها فتزال بواسطة المبادلات الايونية SOFTENING,DEALKALISTION, DEMI.



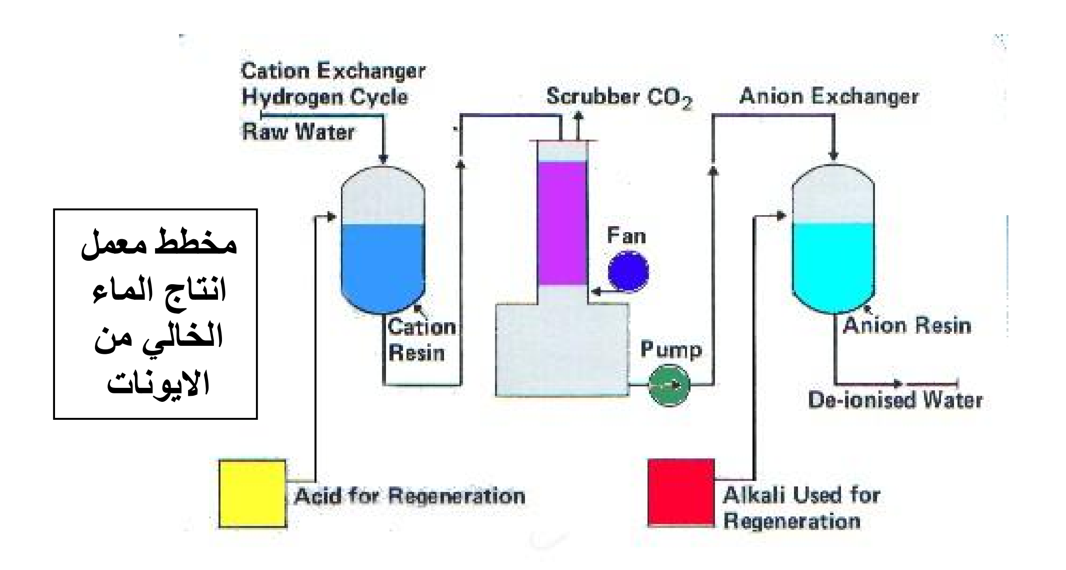
وحدة R.O



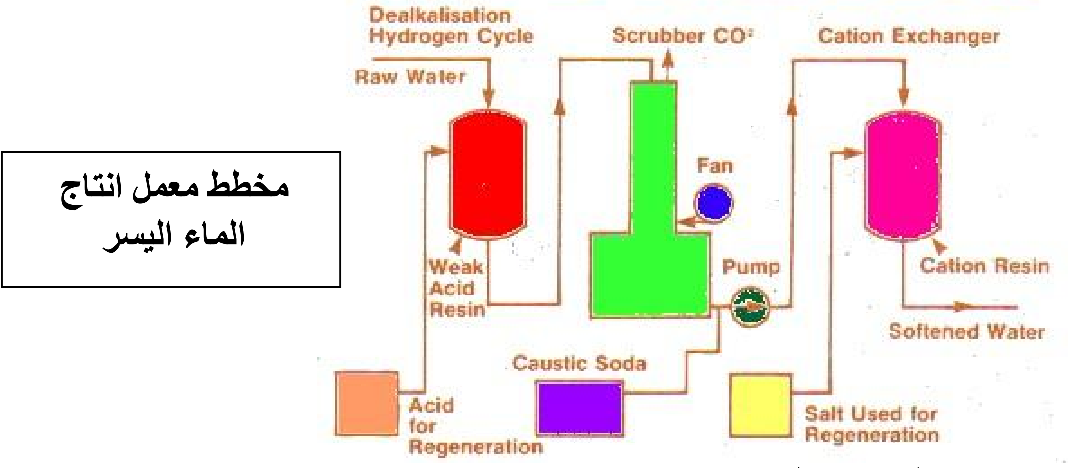




المبادلات الايونية



Dealkalisation and Deaeration



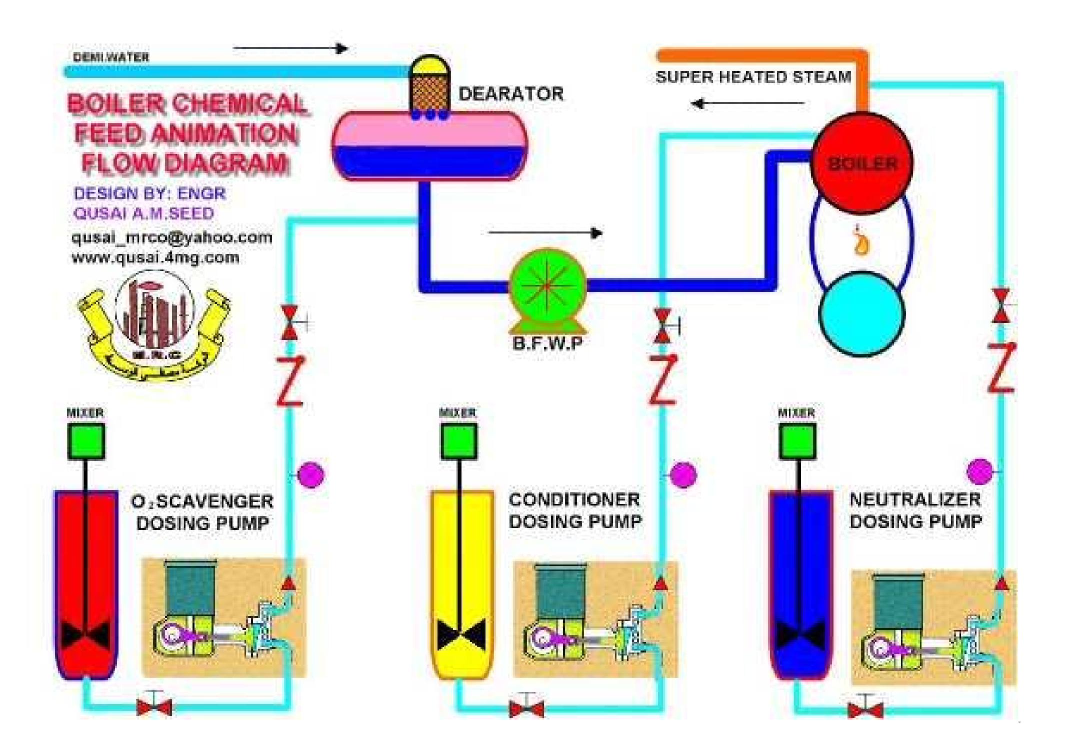
3- **<u>المعاملة الحرارية</u>:**وتتضمن تسخين الماء لطرد الغازات الذائبة والهواء.

<u>المواد الكمياوية المضافة الى ماء المغذي للمرجل:</u>

1- **OXYGEN SCAVENGER :**ويستخدم لإزالة ما تبقى من الأوكسجين المذاب في ماء التغذية بعد خروجه من مزيلات الغازات ويحقن بواسطة مضخة على الأنبوب الخارج من المزيلة.

2- **CONDITIONER** وتحقن هذه المادة الى وعاء البخار مباشرة او على الأنبوب الرئيسي لماء المغذية للمراجل وتستخدم لإزالة التكلسات او الرواسب وتكون طبقة واقية على الأنابيب والأوعية لحمايتها من التآكل .

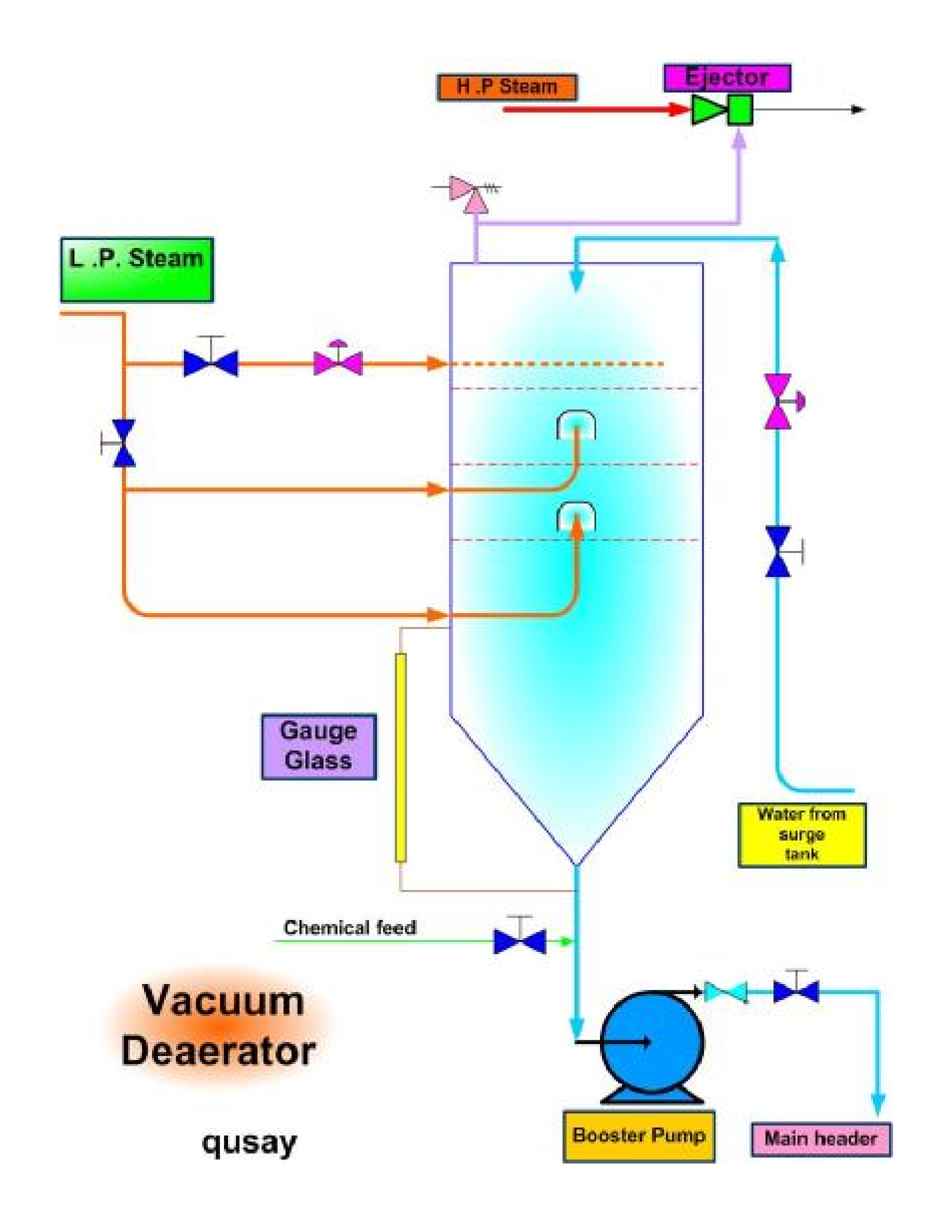
3- **NEUTRALIZER** وتحقن هذه المادة في أنبوب البخار الرئيسي او على الأنبوب المغذي للمرجل.



مزيلات الغازات:

1-مزيلة الغازات التي تعمل بالتسخين والضغط الفراغي:

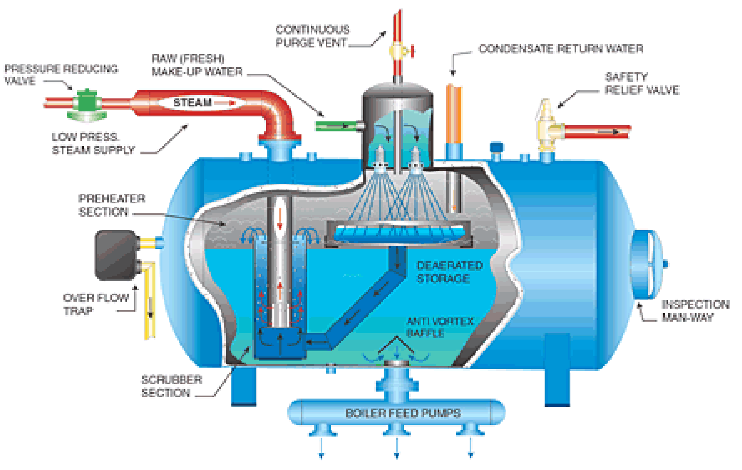
تتكون هذا النوع من المزيلات من وعاء يحتوي على صفائح مثقبة او نوزلات لزيادة الساحة السطحية لانتقال المادة حيث تعمل هذه المزيلة عند درجة حرارة اقل من درجة غليان الماء عند الضغط الجوي يدخل الماء من الاعلى ويتم ترذيذه بواسطة الصفائح المعدنية المثقبة ويدخل البخار من اسفل هذه الصفائح أي بصورة عكسية حيث يتم إزالة الغازات الذائبة والأبخرة بواسطة اجكتر او مضخة فاكيوم وحسب تصميم وسعة المزيلة، ويتم طرح الغازات المسحوبة الى الجو .



2-مزيلة الغازات التي تعمل بالتسخين و بضغط أعلى من الضغط الجوي:

تتكون هذه المزيلة من جزئين الأول يتم ترذيذ الماء فيه لزيادة المساحة السطحية لغرض الانتقال الحراري (التسخين) والجزء الثاني عبارة عن وعاء يحتوي على steam scrubber حيث يتم تسخين الماء فيه الى درجة 130 م لغرض طرد الغازات الذائبة مثل الأوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون . ويعتبر هذا النوع من

المزيلات ذو كفاءة أعلى من النوع الأول حيث تبلغ نسبة الأوكسجين الخارج 0,007 جزء بالمليون بينما في النوع الأول تبلغ 0.02 الى 0.03جزء بالمليون.



7- **مسخنات الهواء الأولية:**وهي عبارة عن مبادلات حرارية أيضا تضع في طريق الغاز العادم الخارج من الموفر وتستخدم السخانات لتسخين هواء الاحتراق عن طريق استغلال الحرارة في الغاز العادم بعد استخدامة في تسخين الماء المغذي للمرجل ولها فوائد :

أ-خفض كمية الهواء الزائد .

ب- تحسين عملية الاحتراق .

ج-تقليل الوقود المستهلك .

د- تقليل كمية البخار المستخدم في تسخين الوقود (السائل)..

Plate Type

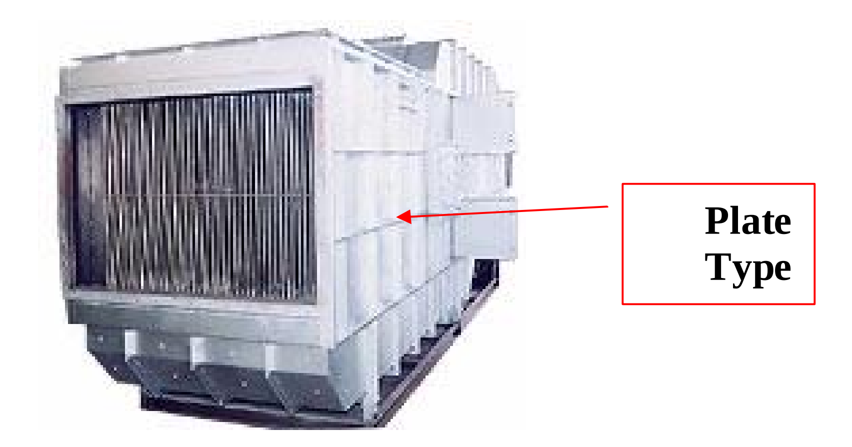


Plate Type

8- **الموفر موفر :** وهو عبارة عن مبادلة حرارية على شكل مجموعة من الأنابيب تستخدم كأجهزة إضافية لغرض تسخين الماء الداخل إلى المرجل بواسطة الغاز العادم الخارج من المرجل .ومن المفيد استغلال الحرارة في الغاز العادم في التسخين خاصة أن درجة حرارة العادم الخارجة هي بحدود 300-400 م حيث أن تسخين الماء الداخل للمرجل بمقدار 225م أي استغلال الحرارة في الغاز العادم يؤدي إلى الاقتصاد في الوقود المستهلك بحدود 15% ويجب أن لا تقل درجة حرارة الغاز العادم عن 150-175 م وذلك لكي نعبر درجة نقطة الندى في الغاز العادم والتي بحدود 60م حيث يبداء بخار الماء بالتكثيف .



9- **مجمع الأتربة والرماد.**

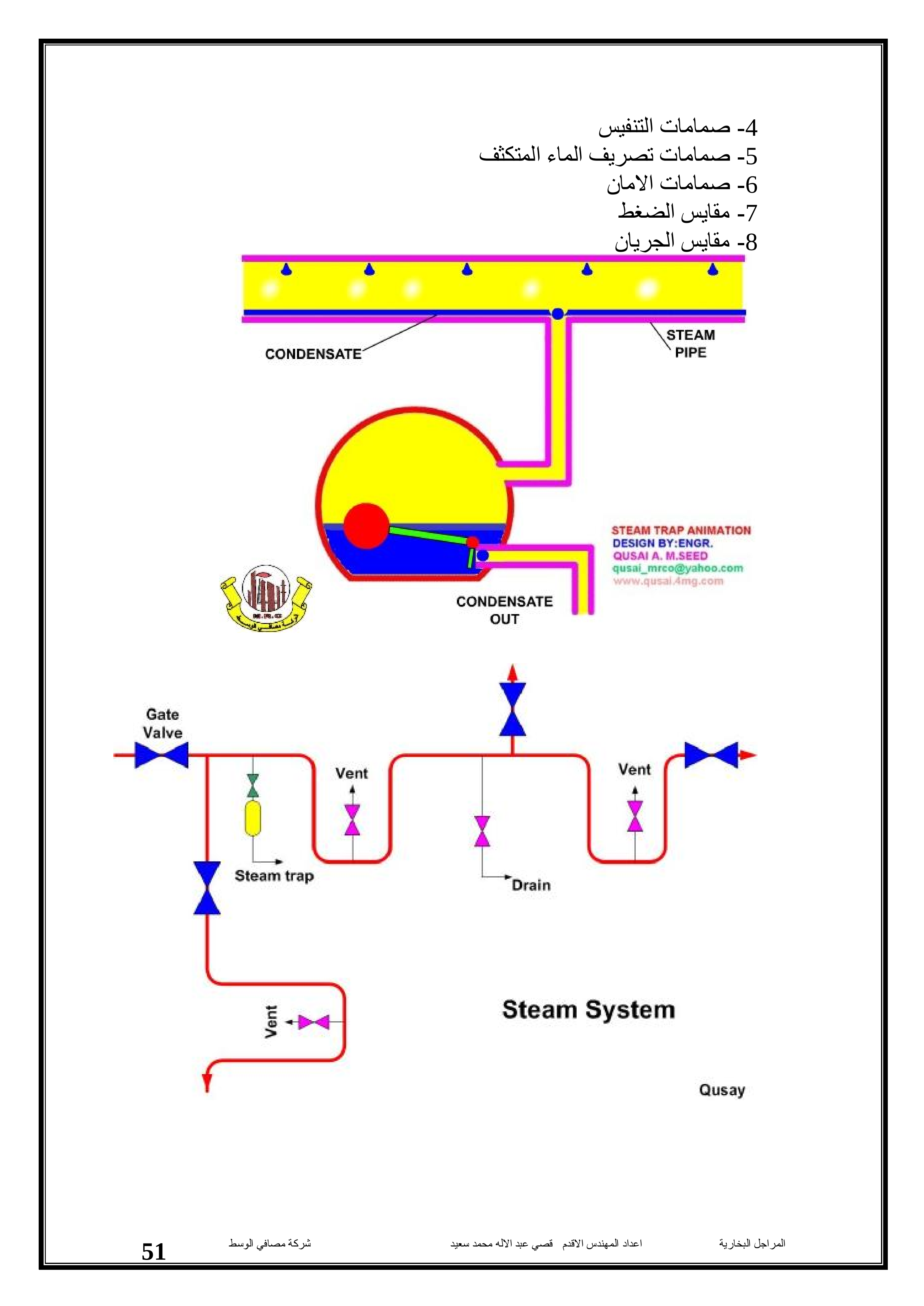


شبكة البخار

مكونات شبكة البخار

1- الانابيب
2- مصائد البخار
3- صمامات

4- صمامات التنفيس
5- صمامات تصريف الماء المتكثف
6- صمامات الامان
7- مقايس الضغط
8- مقايس الجريان



تشغيل وإيقاف المرجل البخاري

خطوات تشغيل المرجل

1- تاكد من ان جميع اعمال الصيانة قد اكملة بشكل صحيح.
2- تاكد من كافة الانظمة والاجهزة جاهزة للعمل عند التشغيل
3- تاكد من صمام ايقاف الوقود يعمل
4- حول كافة المسيطرات الى الوضع اليدوي.
5- غلق صمامات البزل كافة ما عدا صمام بزل المحمصة.
6- املاء المرجل بالماء الى الحد الموصى به وفتح صمام التنفيس في اعلى وعاء البخار.
7- تشغيل المروحة الدافعة والساحبة لعمل طرد للغازات.
8- بعد طرد الغازات اشعل مشعل واحد والذي يقوم باضافة الحرارة الى الماء الموجود في المرجل.
9- يجب الصعود بحرارة ماء المرجل تبعا للضغط المطلوب وبعد ذلك قم بادخل المزيد من المشاعل الى العمل.
10- بعد احماء المرجل سوف يرتفع مستوى الماء في المرجل بسبب التمدد الحراري قم بتفريغ جزء من الماء عن طريق البزل لغرض الحصول على المستوى المطلوب (50%).
11- عند استمرار بالاحماء سوف يتولد البخار ويخرج من انبوب بزل البخار المحمص.
12- راقب درجة حرارة معادن المرجل عند زيادة الاحماء واحرص ان لا يكون سريع جدا.
13- بحدود (25-50) psi اغلق صمام التنفيس وذلك عند هذا الضغط يجب ان يكون خالي من الغازات .
14- عند ازدياد درجة الحرارة وضغط المرجل يجب المحافظة على مستوى الماء الى الحد المطلوب وابقاء طمام بزل البخار المحمص مفتوح لجريان البخار المتولد.
15- قم بالسيطرة على صمام بزل البخار المحمص لتجنب خسارة عالية للماء.
16- قم بتشغيل مضخة ماء التغذية وراقب مستوى الماء.
17- عند الوصول الى الضغط المطلوب للتشغيل قم بفتح صمام الانتاج .
18- عند ازدياد معدل انتاج البخار قم بادخال المزيد من المشاعل المتبقية الى العمل .
19- اغلق صمام بزل البخار المحمص.
20- عند استقرار الضغط ودرجات الضغط والمستوى للماء حول المسيطرات الى الوضع Auto .

خطوات ايقاف المرجل البخاري

1- حول المسيطرات الى الوضع اليدوي
2- اغلق صمامات البزل .
3- افتح صمام بزل المحمصة
4- قم بتقليل كمية الوقود .
5- قم باطفاء المشاعل الواحد بعد الا خر بفترة معينة لتقليل درجات الحرارة تدريجيا.
6- ايقاف المراوح لتجنب التبريد السريع للمرجل .
7- عزل الصمام الرئيسي للوقود .
8- عزل صمام الانتاج للبخار.
9- راقب مستوى الماء في المرجل وحافظ على المستوى المطلوب وقم بالتعويض عن الماء المفقود.
10- عند وصول الضغط الى (25-50) psi افتح صمام التنفيس لتجنب حدوث الضغط الفراغي .
11- عزل صمام الماء المغذي بعد تعادل حرارة ماء المرجل مع الماء المغذي.

حساب النسبة المئوية لإنتاج البخار

النسبة المئوية = الإنتاج الفعلي / الطاقة التصميمية × 100
الإنتاج الفعلي = الحمل - الفقدان
الفقدان = الحمل × 0.2

المرجل	الطاقة التصميمية	وحدة القياس
5-1	75000	lb/hr
6	90000	lb/hr
8-7	150000	lb/hr

تحسين كفاءة المراجل البخارية :

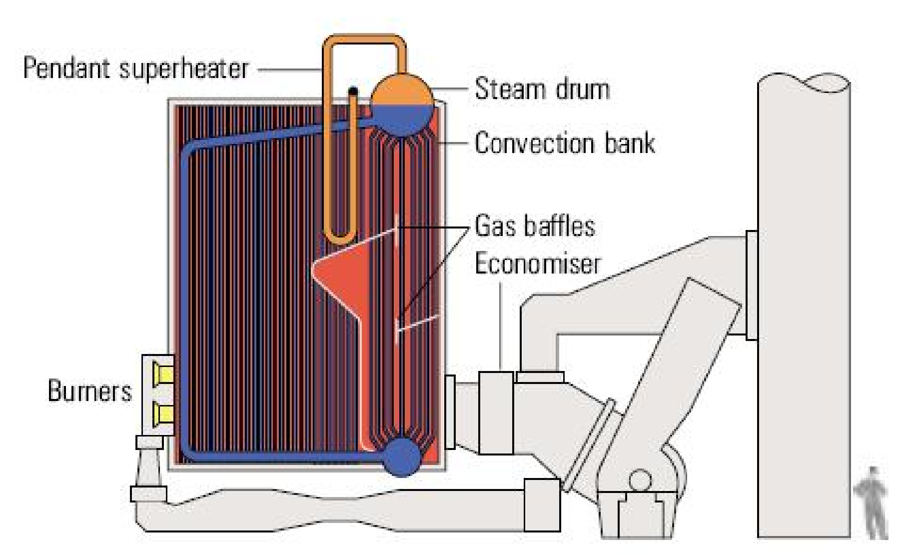
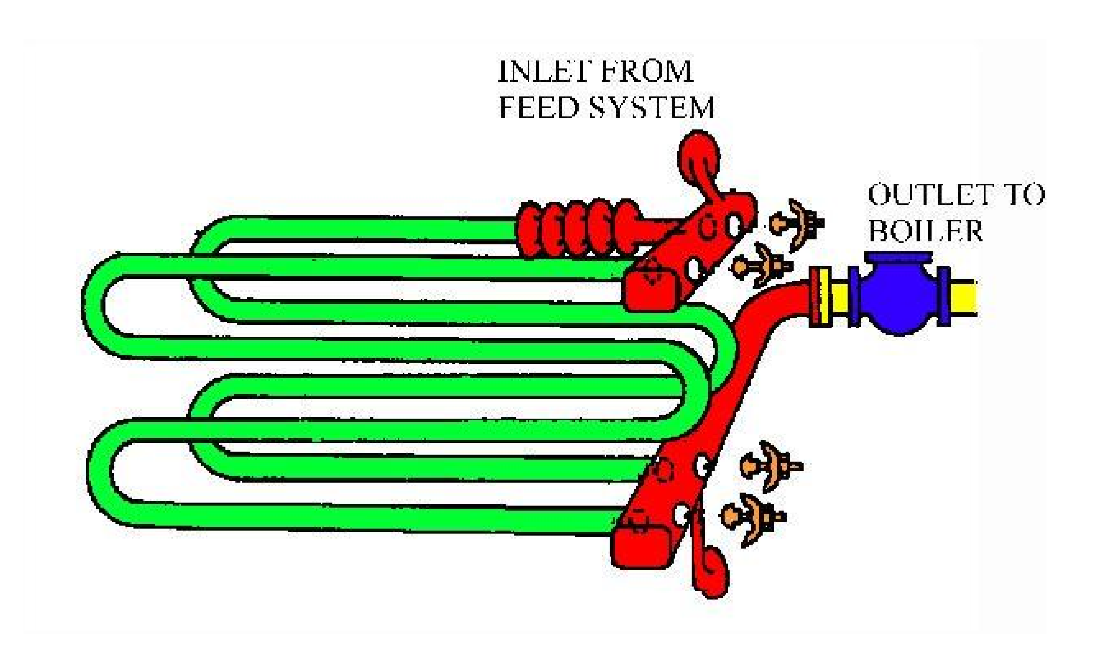


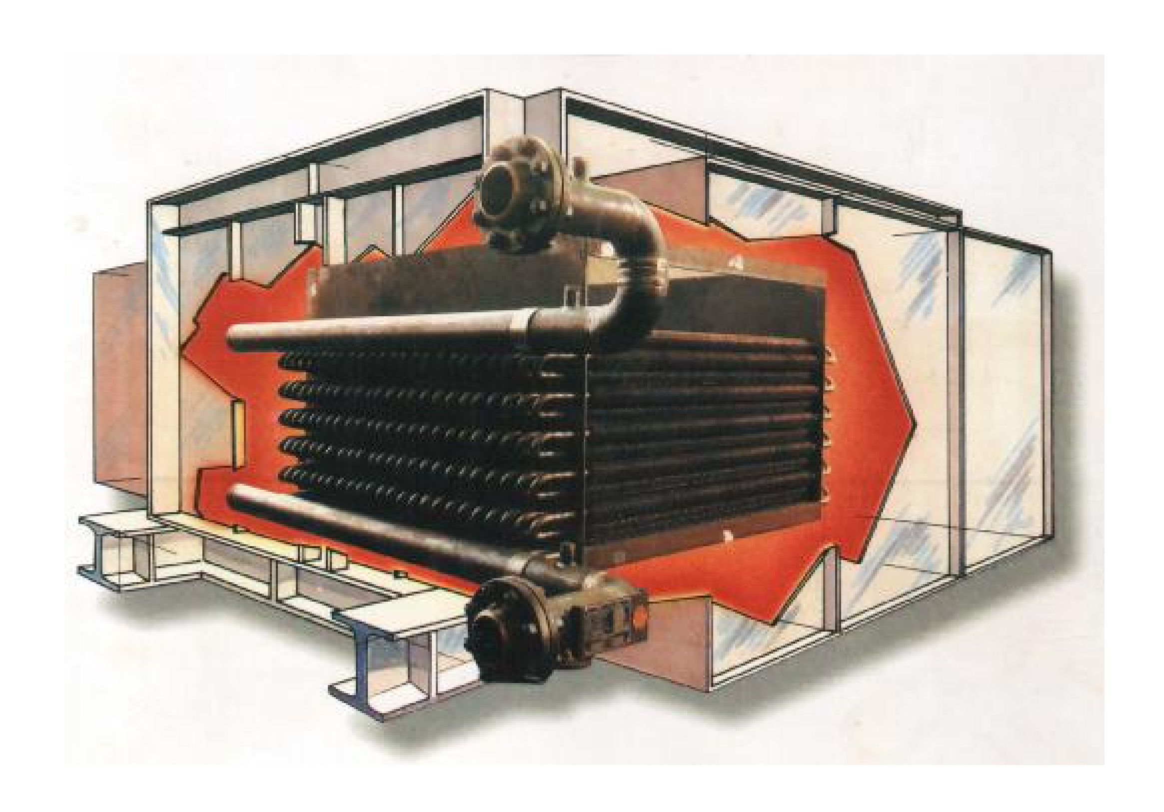
Fig. 3.3.1 Water-tube boiler

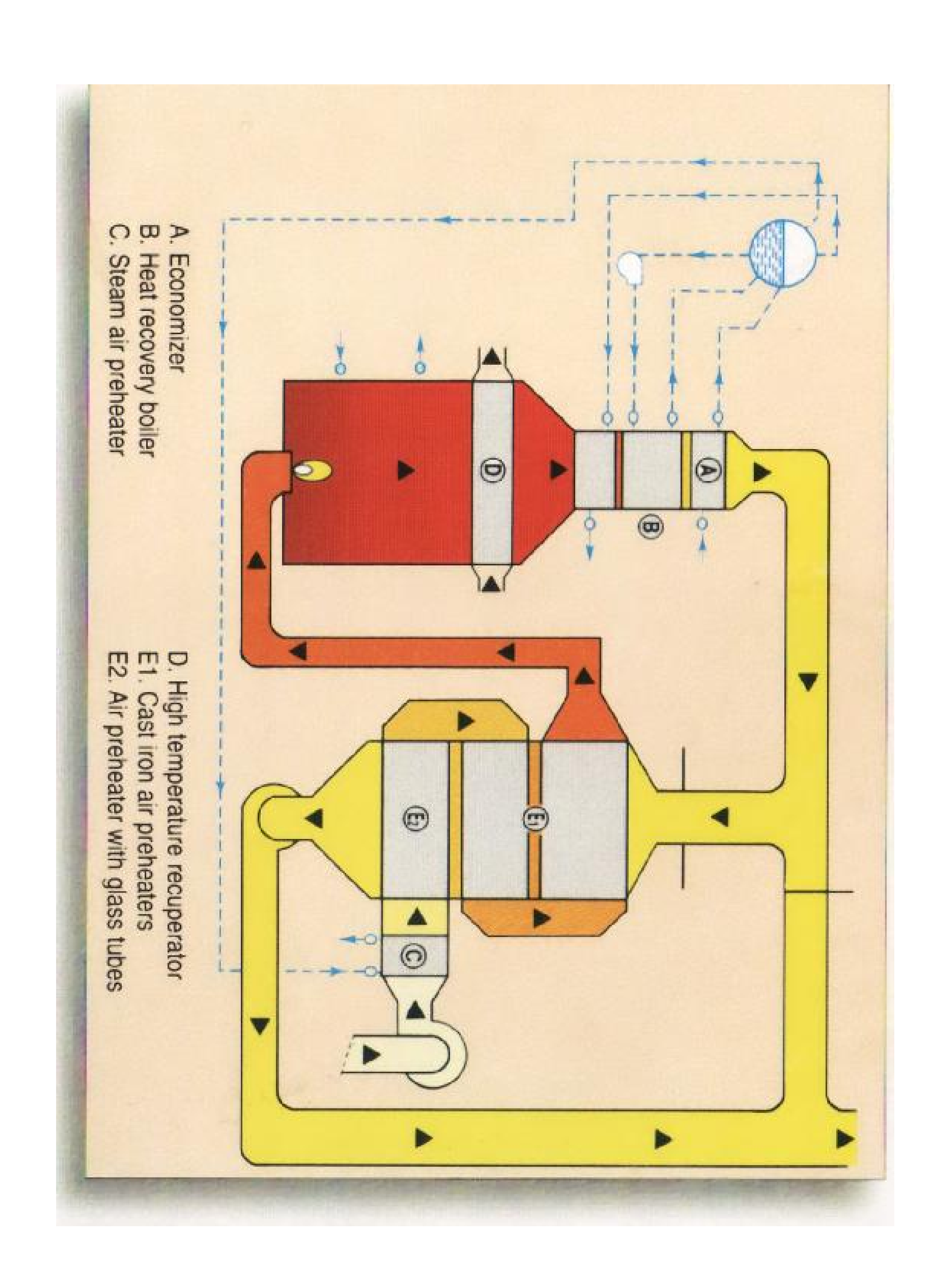
1- **إضافة موفر.**
2- **إضافة مسخنات هواء**
3-**استعمال محسنات الوقود :**ومنها مثبتات ومضادات للأكسدة والتآكل .
4- استخدام ماء خالي من الأملاح للماء المغذي للمرجل حيث أن الماء المستخدم حاليا هو ماء يسر حاوي على أملاح الصوديوم الذائبة والسلكات فعند استخدام ماء خالي من الأملاح يؤدي إلى تقليل الماء المطروح من المرجل وبالتالي توفير في كمية الوقود المستهلك .
5-**استخدام الوقود الغازي** وهو افضل من الوقود السائل كما أسلفنا مع استخدام محارق ذات ضغط عالي .

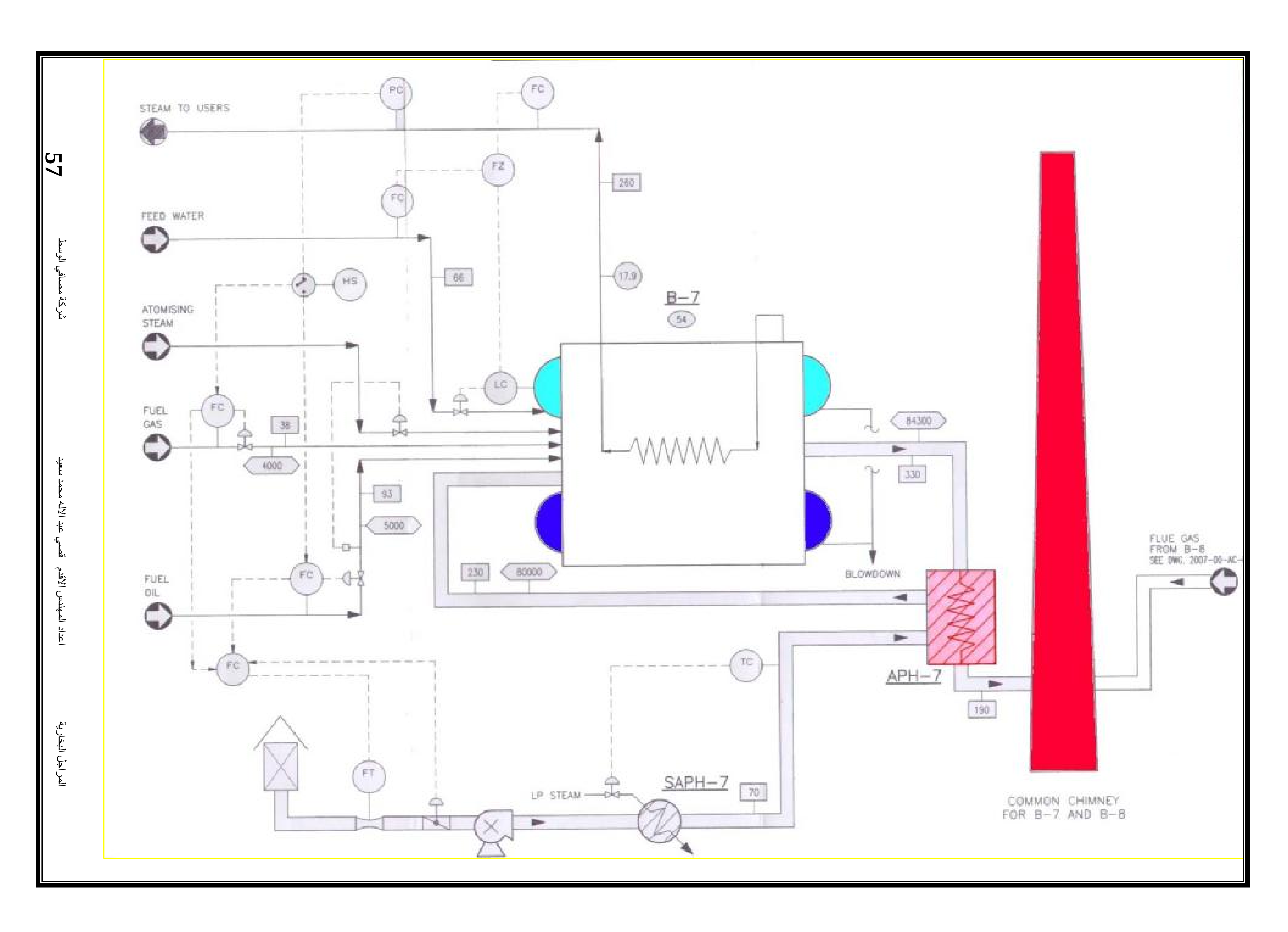
إن تقليل استخدام الوقود وتحسين الاحتراق داخل المرجل البخاري يؤدي إلى تقليل الملوثات الخارجة من الغاز العادم وتكون الأمطار الحامضية .



الموفر




A. Economizer
B. Heat recovery boiler
C. Steam air preheater
D. High temperature recuperator
E1. Cast iron air preheaters
E2. Air preheater with glass tubes
A
B
C
D
E1
E2


STEAM TO USERS
FEED WATER
ATOMISING
STEAM
FUEL
GAS
FUEL
OIL
B-7
54
BLOWDOWN
APH-7
SAPH-7
LP STEAM
FLUE GAS
FROM B-8
COMMON CHIMNEY
FOR B-7 AND B-8